



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

“Diseño de un Sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer la  
demanda hídrica al fundo San José, Cajamarca – 2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista.**

**AUTOR:**

Silva Briones, Gabriel (ORCID: 0000-0002-4848-7722)

**ASESOR:**

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión, Distribución.

CHICLAYO- PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

*Dedico esta presentación primordialmente a mi MADRE, que me brindó su apoyo desde el inicio de mi carrera por sus constantes consejos y confiar y creer plenamente en mí, por darme el apoyo necesario para poder seguir adelante y ser una persona profesional que necesita mi PERÚ, ahora desde el cielo sé que está muy feliz al verme culminar una nueva etapa de mi vida profesional.*

*Gracias a mi padre y mis hermanos por los constantes consejos q me brindaron a diario para poder seguir adelante y no decaer, por confiar en cada reto que se me presentaba y siempre estuvieron presentes para darme el aliento necesario para poder seguir adelante.*

*A mis docentes que he tenido durante todo este tiempo académico por permitirme a diario enseñarme nuevos proyectos y así seguir creciendo como un buen profesional.*

**SILVA BRIONES GABRIEL**

## **Agradecimiento**

*Agradezco primeramente a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en los momentos críticos y por brindarme una vida llena de un inmenso aprendizaje.*

*Le doy gracias a mis padres por el inmenso apoyo que me brindaron en cada momento, por los valores que me inculcaron desde niño y por haberme dado la oportunidad de tener una buena educación en el transcurso de mi vida.*

*También un agradecimiento especial a mi asesor por su tiempo y por guiarme, enseñarme para realizar un excelente trabajo de investigación.*

*A la universidad cesar vallejo por formar profesionales y brindar el apoyo necesario y completo a sus estudiantes y así lograr mis objetivos.*

**SILVA BRIONES GABRIEL**

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT. ....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación. ....	21
3.2. Variables y Operacionalización.....	22
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	22
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos,.....	22
3.5. Procedimientos. ....	23
3.6. Método de Análisis de Datos.....	24
3.5. Aspectos Éticos. ....	24
<b>IV. RESULTADOS. ....</b>	<b>25</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
REFERENCIAS .....	62
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>66</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Potencial de Energía Renovable. ....	1
Tabla 2. Eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celas solares.....	17
Tabla 3. Datos para calcular el reservorio .....	30
Tabla 4. Dimensionamiento y cálculos hidráulicos .....	30
Tabla 5. Dimensionamiento de la Geomembrana .....	32
Tabla 6. Variables climáticas en las estaciones meteorológicas.....	39
Tabla 7. Valores de irradiación solar por mes del año/ Perú.....	40
Tabla 8. Valores de irradiación solar por mes del año/ Perú.....	41
Tabla 9. Datos del sistema Fotovoltaico.....	45
Tabla 10. Criterios de Diseño del sistema FV. ....	46
Tabla 11. Desarrollo de cálculo del sistema Fotovoltaico.....	46
Tabla 12. Calculo y selección de Paneles Solares.....	47
Tabla 13. Calculo y selección de baterías, regulador e inversor. ....	48
Tabla 14. Calculo y selección de conductores eléctricos. ....	49
Tabla 15. Metrados y Sumisito de Materiales para el proyecto.....	53
Tabla 16. Costo Mano de Obra Por Partidas.....	54
Tabla 17. Costo Total inversión del Proyecto .....	55
Tabla 18. Cálculo del TIR y el VAN. ....	56
Tabla 19. Matriz Operacionalización de variables.....	66
Tabla 20. Calculo de pérdidas de succión para la bomba .....	70
Tabla 21.Cálculo de pérdidas de descarga para la bomba .....	70
Tabla 22.Cálculo de pérdidas por fricción en la succión de para la bomba.....	71
Tabla 23.Cálculo de pérdidas por fricción en la descarga de para la bomba .....	71

## Índice de figuras

<i>Figura. 1. Ubicación de puquio y represa de contención.....</i>	<i>1</i>
<i>Figura. 2. Terreno Cultivable parte baja .....</i>	<i>1</i>
<i>Figura. 3. Terreno parte alta, cultivable en temporada de lluvia.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura. 4. Consumos de energías renovables en el mundo .....</i>	<i>2</i>
<i>Figura. 5. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figura. 6. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura. 7. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura. 8. Celda fotovoltaica.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura. 9. Diagrama de carga y duración. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura. 10. Diagrama de carga y duración. ....</i>	<i>20</i>
<i>Figura. 11. Ciclo eléctrico para bombeo fotovoltaico.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura. 12. Dimensionamiento del reservorio de Geomenbrana .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura. 13. Resultado del Caudal y las Dimensiones del reservorio .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura. 14. Resultado del dimensionamiento del Geo membrana.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura. 15. Representación del sistema de bombeo. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura. 16. Modelo y Característica de la Bomba.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura. 17. Detalle para construcción del reservorio. ....</i>	<i>68</i>
<i>Figura. 18. Detalle para construcción del cerco perimétrico.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura. 19. Grafica de dimensiones y modelo de la bomba. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura. 20. Consumo eléctrico de la bomba.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura. 21. Partes de una bomba y motor eléctrico.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura. 22. Grafica de Rendimiento Q y altura de la bomba. ....</i>	<i>73</i>
<i>Figura. 23. Detalle de instalación de la bomba.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura. 24. Arquitectura casa fundo san José. ....</i>	<i>75</i>
<i>Figura. 25. Arquitectura casa fundo san José. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura. 26. Plano de emplazamiento eléctrico.....</i>	<i>77</i>

## RESUMEN

Atraves de esta realidad, nace la propuesta como **objetivo de estudio** de esta investigación de “Diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer la demanda energética en el fundo San José en la provincia de Cajamarca”. Esta investigación es de **tipo no experimental**, Además, la **población de estudio** está conformada por 8 hectáreas de terreno, y **la muestra** es, 2 hectáreas cultivables.

Como **resultados de esta investigación**, determinamos el volumen (m<sup>3</sup>/h), de agua que se utilizará por hectárea, un reservorio tipo trapezoidal con un volumen de diseño de 90 m<sup>3</sup>, se calculó la electrobomba será de (2.6KW), una succión de entrada de 50.8 mm y una descarga de 38.1 mm y un caudal de entrega de 22 (m<sup>3</sup>/h).

Se determinó la potencia instalada de 10.89 (KW), la máxima demanda 24.93(KW/H), para ello se determinó 3 paneles solares tipo poli cristalino, modelo SK6612P, 14 baterías de 300 Ah, 2 Reguladores de carga de 40 A, 2 Inversores de 5000W, y un interruptor general de 30 A. La justificación económica está en VAN s/. 14.350 por año, y el TIR 35.39 %, con una tasa de descuento del 12 %. Son resultados factibles y aceptables.

**Palabras clave:** Sistema fotovoltaico, bombeo de agua, energías renovables.

## ABSTRACT

Through this reality, the proposal was born as a study objective of this research to "Design a photovoltaic pumping system to supply the demand for water in the San José estate in the province of Cajamarca". This investigation is of a non-experimental type. In addition, the study population is made up of 8 hectares of land, and the sample is three arable hectares.

As results of this investigation, we determined the volume ( $\text{m}^3 / \text{h}$ ) of water to be used per hectare, a trapezoidal-type reservoir with a design volume of  $90 \text{ m}^3$ , the electric pump was calculated to be 3.5 HP, an inlet suction of 50.8 mm and a discharge of 38.1 mm and a delivery rate of  $22 (\text{m}^3 / \text{h})$ .

The installed power of 10.89 (KW) was determined, and the maximum demand  $24.93 (\text{KW} / \text{H})$ , for this, 3 polycrystalline solar panels, model SK6612P, 14 batteries of 300 Ah, 2 charge regulators of 40 A, were determined. 2 5000W inverters, and a 30 A general switch. The economic justification is in VAN s /. 14,350 per year, and the IRR 35.39%, with a discount rate of 12%. They are feasible and acceptable results.

**Keywords:** Photovoltaic system, water pumping, renewable energies.



## I. INTRODUCCIÓN.

### Realidad Problemática.

#### A Nivel Local:

El fundo San José, está ubicado a las afueras de la ciudad de Cajamarca, está situado a 3750 msnm, en el Km 10 de la carretera Cajamarca – Otuzco, provincia de Cajamarca en el departamento de Cajamarca, tiene una extensión de 08 hectáreas de terreno, dicho fundo cuenta con 02 actividades de desarrollo, como es la agricultura y la ganadería. este fundo está dividido por 02 áreas geográficas. 01 hectárea cultivable todo el año porque está en la parte baja y es alimentada por un acuífero o puquio.

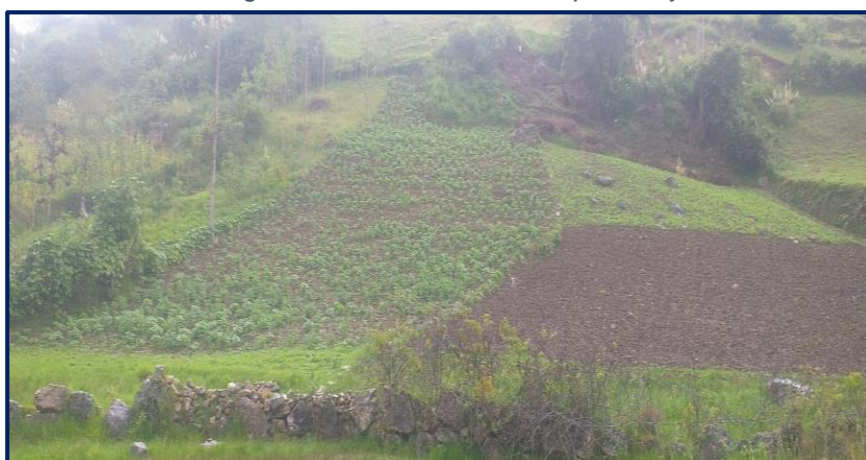
*Figura. 1. Ubicación de puquio y represa de contención.*



Fuente: Elaboración Propia

En la parte baja que es cultivable y se siembra cultivos de maíz, papa, habas y alfalfa porque es alimentada por la represa artesanal.

*Figura. 2. Terreno Cultivable parte baja*



Fuente: Elaboración Propia

Pero la otra parte conocida como parte alta o aguas arriba, esta parte del terreno es aprovechada como pastizal para ganado solo en tiempos de lluvia o avenidas, ya que por su geografía no hay forma de llevar el agua con forma de canal o acequia para cultivar todo el año.

*Figura. 3. Terreno parte alta, cultivable en temporada de lluvia.*



Fuente: Elaboración Propia

“Ante esta realidad no contar con el suministro de electricidad, existe esta necesidad el cual conlleva a no aprovechar el máximo potencial de desarrollo en cuanto al áreas cultivables, y pastizales para el abastecimiento y desarrollo de este fundo. Por tal no le permite generar más oportunidades de crecimiento económico y de calidad de vida.

Ante este impacto de desabastecimiento de agua para el fundo parte alta, se está proponiendo soluciones con alternativas de energías renovables y represamiento de agua por sistema de bombeo, además de futuras mejoramiento de riegos tecnificados, estas propuestas son sostenibles que garantiza el abastecimiento de agua al fundo San José.

Esta propuesta permitirá el desarrollo económico, social y ambiental ya que podrá generar productos de cosecha y lácteas de mejor calidad, donde podrá competir en el mercado local y nacional”.

## Nivel Nacional.

“En nuestro país las energías renovables son de las principales iniciativas de generación, la diversidad geográfica a lo ancho y largo de nuestro país, es un potencial para el desarrollo de energías renovable, usando la diversificación de energía geotérmica, solar, eólica, hídrica, entre otras”.

“Dentro nuestro país esto se convierte en un atractivo para los inversionistas públicos y privados, esto permite un cambio en la matriz energética peruana, en la producción de energías renovables, limpias y sostenibles para el medio ambiente; según cifras del (COES), 2017, la principal matriz de energía del país se sostenía bajo la producción de generación hidroeléctrica con un (57%), y solo un (40%) provenía de otras energías, otros como (Diésel 2, gas natural, biogás, etc.) y tan 2.8% provenía de fuentes renovables: energía eólica 2.2% y 0.6% de energía solar, en cuanto para el Perú el 2018 estaba considerado como el país en quinto lugar más atractivos para inversionista en energías limpias y renovables”.

**Tabla 1. Potencial de Energía Renovable.**

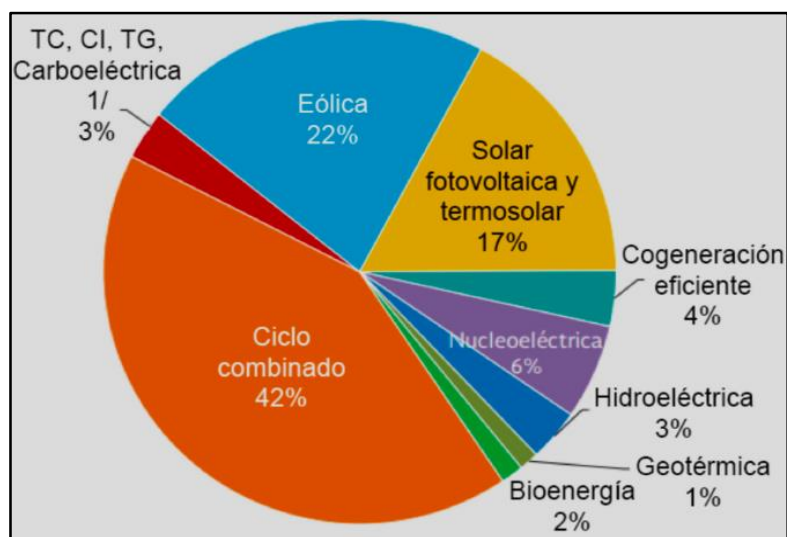
Tipos de RER no convencionales		Tecnología de generación eléctrica
Energía solar		Solar fotovoltaica
		Solar térmica
Energía eólica		Onshore
		Offshore
Energía de la biomasa		Procesos bioquímicos
		Procesos termoquímicos
Energía minihidráulica		Centrales de agua fluyente
		Centrales a pie de presa
		Centrales en canal de riesgo o de abastecimiento
Energía marítima	Energía mareomotriz	Presa de marea
		Generador de corrientes de marea
		Energía mareomotriz dinámica
	Energía undimotriz	Columna de agua oscilante
		Convertidor de movimientos oscilante
		Sistemas de rebosamiento
	Energía maremotérmica	Sistemas de ciclo abierto
		Sistemas de ciclo cerrado
		Sistemas híbridos
Energía geotérmica		Plantas de vapor seco
		Plantas <i>flash</i>
		Plantas de ciclo binario

**Fuente:** (Osinergmin, 2019).

## Internacional

“En 2019 las tecnologías renovables en su conjunto cubrieron el 39% de la demanda eléctrica peninsular, 1,4 puntos porcentuales más que el 37,6% alcanzado en 2018. Al igual que en los últimos años, la energía renovable con una mayor contribución a la cobertura de la demanda nacional fue la eólica con un 20,8%, seguida de la hidráulica con el 10,1%, la solar fotovoltaica con un 3,5% y la solar termoeléctrica con el 2%. La biomasa, el biogás, la hidráulica y las energías marinas, agrupadas dentro de “otras renovables”, aportaron el 1,4% restante” (APQA, 2019).

*Figura. 4. Consumos de energías renovables en el mundo*



**Fuente:** (IRENA, 2019)

El marco en el que se desenvuelve actualmente el sector agrario europeo sitúa al mundo rural en una encrucijada en la que su propia supervivencia como espacio de reproducción social y económica dependerá en buena parte de las funciones social y ambiental de una agricultura abocada a ser multifuncional y del éxito de las políticas del segundo pilar de la PAC, a la sazón denominado Desarrollo Rural” (Mercedes Burquillo, y otros, 2018 pág. 149).

“En ese contexto, cobra una gran relevancia la función del mundo rural como espacio proveedor de energías renovables” (Mercedes Burquillo, y otros, 2018 pág. 149).

“Esta nueva realidad y ante la escasez de estudios que de forma empírica analicen la contribución de la producción de energías renovables al desarrollo rural sostenible, dar unas pautas teóricas que de forma sistemática y genérica permitan llevar a cabo estudios empíricos que contrasten el papel que las energías renovables pueden jugar en el mundo rural” (Mercedes Burquillo, y otros, 2018 pág. 149).

Según, (Andre de Oliveira, y otros, 2020) **Brasil 2020**, “Desarrollo un Modelado y simulación de un sistema pequeño de bombeo de agua eólica fotovoltaica sin banco de baterías, En este trabajo, se propone un pequeño sistema híbrido de bombeo de agua fotovoltaico-eólico, modelado y analizado a través de simulaciones computacionales. En el sistema propuesto, El MIC actúa sobre las fuentes drenadas corrientes simultáneamente o individualmente para operarlas en los puntos deseados de sus curvas características. Las simulaciones demuestran un buen rendimiento del sistema, que es factible implementar en la práctica y puede usarse en regiones remotas.

También, (Chao Zhou, y otros, 2020), **CHINA, 2020**. Realizo un Análisis de un sistema de bombeo térmico con características fotovoltaicas en modo refrigeración, su investigación fue experimental, donde realizo experimentos de refrigeración en una bomba de tipo térmica, que con la característica de la nueva unidad térmica fotovoltaica de enlace en rollo que funciona como condensador directamente. Además, la energía renovable como la radiación solar y la radiación de onda larga son la principal fuente de energía de este sistema. La investigación experimental del sistema que comprende; Se llevaron a cabo 4 unidades térmicas fotovoltaicas de unión por laminación, una unidad de bomba de calor de 1 caballo de fuerza y un tanque de almacenamiento de hielo de 600 L.

Los resultados indican que el sistema propuesto de bomba de calor térmica fotovoltaica puede lograr la refrigeración para construir la demanda de enfriamiento del espacio en verano con un alto rendimiento y un funcionamiento estable a largo plazo” (Chao Zhou, y otros, 2020), **CHINA, 2020**”.

**Aportes:**

“En estas investigaciones presentadas, enfatizan el uso de energías limpias renovables, como uso de energía solar, para usos de abastecimiento eléctrico rural domiciliario, nosotros planteamos, además del uso de la energía eléctrica renovable el mejoramiento de represamiento para cultivos reaprovecharles, no solo con el sistema fotovoltaico, sino también con el diseño de represamiento y sistema de bombeo con energía eléctrica fotovoltaica, para mejorar las oportunidades de desarrollo económico en el fundo San José, donde no lo están aprovechado con su máximo potencial”.

Esta propuesta abarca la capacidad instalar sistemas fotovoltaicos para el abasteciendo de energía eléctrica, no solo para el bombeo de agua y represamiento, sino también para el riego tecnificado y la alimentación eléctrica domiciliaria de dicho fundo.

**Planteamos la formulación del problema**

¿Es factible abastecer con agua al fundo San José en la provincia de Cajamarca a través del diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico?

**Justificación de la investigación.****Justificación técnica.**

Se justifica por la importancia de abastecer de elemento hídrico al fundo, permitiendo generar desarrollo técnico aplicando tecnología de energía solar o sistemas fotovoltaicos, permitiendo su uso en sistemas de bombeo, además se va a desarrollar tecnología adaptada a nuestra realidad, respetando la normatividad vigente.

**Justificación económica**

para esta investigación contempla un impacto económico Ascendente, ya que al contar con agua en forma permanente se podrá en el fundo sembrar diversos productos que generen ingresos económicos, además que la generación de energía tendría un costo menor ya que se realiza a través del uso de una energía renovable.

### **Justificación social**

El impacto social de esta investigación es positivo, permitirá incentivar y mejorar la calidad del propietario del fundo, pero además permitirá la generación de puestos de trabajo de otras personas aledañas al fundo, generando bienestar en la comunidad.

### **Justificación ambiental.**

Esta investigación permitirá el uso de energías renovables, justamente para disminuir la contaminación al medio ambiente por la generación de energía eléctrica de forma fotovoltaica, esto seguirá siendo un aspecto positivo.

### **Planteamos los objetivos para esta investigación.**

#### **Objetivo general**

- “Diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer la demanda de agua al fundo San José en la provincia de Cajamarca”.

#### **Objetivos específicos.**

1. Determinar la máxima demanda de agua del fundo San José en la provincia de Cajamarca.
2. Determinar el diseño del reservorio de abastecimiento de agua del fundo San José
3. Calcular los elementos electromecánicos del sistema de bombeo fotovoltaico del fundo San José.
4. Calcular la máxima demanda de energía fotovoltaica para satisfacer la al fundo San José.
5. Evaluar económicamente el proyecto usando indicadores como el Van y el TIR.

### **Formulación de hipótesis.**

“Si es factible diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico que abastecerá la demanda hídrica al fundo San José ubicado en la provincia de Cajamarca”.



## **II. MARCO TEÓRICO**

### **Antecedentes.**

#### **Internacionales:**

Para, (Gil Tomás, 2018), quien diseño in sistema integrado de bombeo fotovoltaico, para un el puerto de carateja, en esta investigación Gil tomas considera un conjunto infraestructuras dentro de la planta pinedo (valencia), donde abastece de agua a un terreno agrícola, para tal realiza el dimensionamiento para la generación fotovoltaica , teniendo en cuenta los datos de demanda hídrica, y la radicación solar, para este dimensionamiento aplico varios criterios de selección de (módulos fotovoltaicos, inversores y soportes), entre ellos considero sus características de fabricante y según eso evaluó su viabilidad técnica u económica, donde concluyo su efectividad.

También, Lamana Villegas, realizó una instalación de riego por bombeo fotovoltaico para cultivos en Nogal, para esta investigación el objetivo de estudio estibo basado el riego por goteo tecnificado, y tuvo una población de Vimbodí i Poblet, en (Tarragona, Cataluña), para el dimensionamiento de agua y demanda energética considero los consumos hídricos por parcelas y áreas de regado, según esto determinó la cantidad de agua a abastecer y la cantidad de energía a generar, después considero generar una guía de desarrollo para proyectos fotovoltaicos de tipo tecnificado, donde se evalúa la cantidad y el tamaño de parcela y demanda máxima de energía, esto se puede contratar con. Sandia Nacional Laboratorios, Southwest Technology Development Institute (NMSU/SWTDI). Terminado con diseño para agua subterránea ( Lamana Villegas , 2018).

De tal modo que, (Ksentini, y otros, 2019) Realizaron, Mejora y optimización de un bombeo con sistema fotovoltaico, FRANCIA, 2019. El clima en Argelia puede considerarse semiárido en la mayoría de las áreas, en las regiones sin litoral, El bombeo de agua, generado atreves de una alimentación eléctrica fotovoltaica, para la mayoría de estas regiones son muy importante por sus climas soleadas y el agua está vertiente en acuíferos o puquios subterráneo, en este caso nuestro sistema consta de un generador fotovoltaico (PVG), un convertidor de corriente continua



(DC) -DC, un inversor multinivel con cinco niveles y un motor asíncrono acoplado a una bomba centrífuga, El objetivo de este proceso es garantizar el funcionamiento a la máxima potencia del sistema PVG en diversas condiciones mediante el método de (seguimiento del punto de máxima potencia) (MPPT) basado en el control de lógica difusa (FLC), El modelado y la simulación fue un trabajo experimental en la base de datos meteorológicos en la ciudad de Adrar en Argelia, este sistema evita el uso de una motobomba (diésel) y elimina los costos y las restricciones de operación de una manera amigable con el medio ambiente de acuerdo con la recomendación COP21.

Así pues, (Mustapha Errouha, y otros, 2019), Realizo Mejoras del control en un sistema de bobeo de agua con engería fotovoltaica y sin almacenar en baterías, FRANCIA, 2019. Este artículo presenta un sistema de tipo alimentación detecta por su diseño cc, (PV) simple e independiente (PVWPS) basado en un motor de inducción (IM) sin el uso de almacenamiento de energía química. El objetivo de este documento es mejorar el rendimiento de control del sistema de bombeo. El método propuesto se basa en un control indirecto orientado al campo (IFOC) que consiste en operar el motor a un flujo óptimo minimizando las pérdidas del motor de inducción. El algoritmo Perturb ad observe (P&O) se utiliza para extraer la potencia más alta posible del panel fotovoltaico, en rendimiento del enfoque y propuesta, se demuestra mediante la implementación en tiempo real utilizando un sistema DSpace DS1005 y se compara con IFOC convencional sin minimización de pérdidas. Los resultados muestran las pérdidas se reducen, y la eficiencia aumenta en un 12%, 2.5% y 5% por debajo de 375 W / m<sup>2</sup>, 750 W / m<sup>2</sup> y perfil diario respectivamente.

Ahora, (Guiqiang Li, y otros, 2017) .Investigo sobre el comportamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico, CHINA, 2017“. “El aumento de la producción de cultivos por unidad de área para la creciente población del mundo es una necesidad, por lo tanto, se requieren enfoques sostenibles para garantizar la seguridad energética, uno de los enfoques de desarrollo sostenible es la energía solar fotovoltaica. Sistema de bombeo de agua (SPVWPS. En los últimos años, a través de la mejora continua, el sistema de bomba fotovoltaica se

ha utilizado ampliamente en los sectores agrícola, industrial y doméstico. Se presenta una actualización sobre la investigación y la situación actual de SPVWPS. Se encuentra que SPVWPS es factible en comparación con los sistemas de bombeo convencionales. También se discute la aplicación del bombeo FV en diferentes regiones del mundo. Este documento tiene como objetivo proporcionar una perspectiva amplia sobre SPVWPS para los investigadores, ingenieros, fabricantes y formuladores de políticas.

A razón de, (Merida García, y otros, 2017), con su Acoplamiento de la programación del riego en la producción de energía solar en un sistema inteligente de gestión del riego, ESPAÑA, 2017. En los últimos años. El aumento progresivo de los costos de energía dificulta el mantenimiento de la rentabilidad de las explotaciones agrícolas. En este trabajo, se desarrolla un modelo en tiempo real llamado Smart Photovoltaic Irrigación Manager (SPIM) se ha aplicado para simular la gestión del riego fotovoltaico en un invernadero olivar en el sur de España, los resultados mostraron suficiente agua para satisfacer los requisitos de riego de los cultivos durante la temporada de riego y evitó la emisión de 1,2 TN. de CO<sub>2</sub> q utilizando solo la energía generada por los paneles solares.

Y, (Gholamreza Ahmadi, y otros, 2017), Regeneración de calentamiento solar de agua de alimentación paralela de una central de vapor, IRAN, 2017. Las estadísticas indican que la producción de plantas de energía de combustibles fósiles en Irán, que actualmente suministran alrededor del 93,9% de la electricidad de la red nacional, está experimentando un crecimiento negativo. Por otro lado, de acuerdo con los planes del gobierno, parte de la electricidad generada debe ser provista por renovables. En los próximos años este documento se investiga el uso de la energía renovables como la solar para la integración con unidades de centrales eléctricas de Isfahán. Los resultados mostraron la eficiencia de la energía de la planta de energía en un 18,3% en comparación con el ciclo simple que alcanza respectivamente el 45% y el 43,91%. Dada la importancia de reducir las emisiones de contaminantes de CO<sub>2</sub> en las centrales eléctricas, también se ha evaluado el nivel de reducción de las emisiones de gases, así como algunos aspectos económicos de la integración de la granja solar con el ciclo de esta central.

En cambio, (Imene Yahyaoui, y otros, 2017) Análisis de sensibilidad para sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua: estudios energéticos y económicos, ESPAÑA, 2017. En áreas remotas agrícolas donde se requiere energía eléctrica para suministrar plantas de bombeo de agua, los módulos fotovoltaicos se consideran una buena opción para generar electricidad. La confiabilidad. El enfoque propuesto determina la superficie óptima de los módulos fotovoltaicos, la capacidad óptima del banco de baterías dimensionado en óptimo". "El enfoque de optimización tiene en cuenta la radiación solar promedio mensual, el cumplimiento del agua es basto para los cultivos y el número de días de regado, el dato climático medido de 10 ha situadas en el norte de Túnez. Los resultados óptimos logrados para esta granja son 101.5 m<sup>2</sup> de superficie de módulos fotovoltaicos, 1680 A h / 12 V del banco de baterías y 1800 m<sup>3</sup>, Finalmente, se estudia la fiabilidad económica del tamaño obtenido y se compara con sistemas que incluyen un generador - paneles fotovoltaicos, respectivamente, utilizando parámetros climáticos y económicos en tres países: Túnez, España y Jordania.

Sin embargo, (Roberto Vale, y otros, 2016), diseñaron un sistema de accionamiento con velocidad varia riego fotovoltaico, Brasil, 2017. los sistemas de bombeo fotovoltaico (PVPS) son más competitivos para su uso en riego, especialmente en áreas remotas donde otras fuentes de energía no son confiables o no están disponibles. Sin embargo, quedan varios problemas relacionados con la compra, mantenimiento y reemplazo de componentes PVPS lo que facilita su reemplazo y mantenimiento. Además, los VSD también permiten el funcionamiento de bombas en rangos de potencia superiores a la mayoría de las bombas fotovoltaicas comerciales. Por lo tanto, los VSD pueden mejorar aún más la competitividad económica de un PVPS, Este documento examina estos y otros aspectos técnicos y económicos de la aplicación de unidades de velocidad variable para riego en Brasil.

Como, (Chand Sontake, y otros, 2016), Sistema solar de bombeo de agua fotovoltaica, INDIA, 2016. El sistema de bombeo de agua (SPVWPS), se realizaron esfuerzos y estudios para explorar la posibilidad de SPVWPS como medio factible,

viable y económico de bombeo de agua. SPVWPS consta de diferentes componentes y partes asociadas con diferentes campos de la ingeniería como mecánica, eléctrica, electrónica, informática, control e ingeniería civil, Este documento de revisión es un intento de dar una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre SPVWPS desde el año 1975 hasta el año 2014. diferentes tipos de bombas y motores y la clasificación del panel fotovoltaico (PV), que afectan el rendimiento, la eficiencia y la economía del sistema SPVWPS.

Por otro lado, (ZHANYI GAO, y otros, 2016), Aplicación de la tecnología de bombeo fotovoltaico para el cultivo de arroz con cáscara en China, 2016. en la provincia de Hei Longjiang es la provincia de arroz con cáscara más grande de China, es una solución ideal para el cultivo de arroz con cáscara en la provincia. Un sistema de bombeo FV no solo puede ahorrar combustible y electricidad, sino que también puede lograr un crecimiento verde y un desarrollo sostenible. Un estudio se llevó a cabo en la granja Hong Wei en la provincia de Hei Longjiang en 2014, este documento resume el estudio piloto del (SBF), y sus aspectos técnicos, económicos y ambientales, los resultados muestran que el sistema de bombeo fotovoltaico es una solución para el bombeo de agua subterránea para cultivar arroz con cáscara en la región. Copyright © 2016 John Wiley & Sons, Ltd.

También, (Campana, y otros, 2015), Realizaron la Optimización económica de riego con bombeo fotovoltaico, CHINA, 2015. en este trabajo, se propone un nuevo procedimiento de optimización, se emplea un modelo de simulación, que combina la dinámica del bombeo, con alimentación fotovoltaica, el nivel de agua subterránea, el suministro de agua, la demanda de agua y el rendimiento del cultivo. Para demostrar la efectividad del nuevo enfoque de optimización. Los resultados muestran que la configuración óptima puede garantizar operaciones continuas y conducir a una reducción sustancial del tamaño de la matriz fotovoltaica y, en consecuencia, del costo de capital de inversión, los resultados muestran que el recurso hídrico es un factor determinante. Los resultados muestran que la configuración óptima puede garantizar operaciones continuas y conducir a una reducción sustancial del tamaño de la matriz fotovoltaica y, en consecuencia, del costo de capital de inversión y el período de recuperación.

Y, (Olcan, 2015), Modelo analítico de objetivos múltiples para dimensionar la cantidad de energía para optimizar la eficiencia de un bombeo, TURQUIA, 2015. Este documento recomienda un modelo de optimización tecno económica para determinar la optimización de los componentes funcionales dentro de un sistema de bombeo, El modelo de dimensionamiento óptimo propuesto incorpora todas estas mejoras y puede lograr una optimización integral de los sistemas de bombeo de agua fotovoltaica. Se realiza un estudio de caso considerando el riego del patio de cítricos ubicado en Antalya, Turquía.

Así mismo, ( Chandel , y otros, 2015), Revisión de la tecnología al implementar un sistema solar de bombeo de agua potable de la comunidad, INDIA, 2015. El estudio se centra en la actualización de la tecnología de bombeo de agua solar, análisis de rendimiento, dimensionamiento óptimo, degradación del generador fotovoltaico que suministra energía a la bomba, aspectos económicos y ambientales y avances en materiales fotovoltaicos y mejoras en la eficiencia. Factores que afectan el rendimiento del (SBF), Se identifica la degradación de los módulos fotovoltaicos y las técnicas para mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua fotovoltaica. Se encuentra que el bombeo solar de agua es económicamente viable en comparación con los sistemas basados en electricidad o Diesel para abastecimiento de agua en regiones rurales, urbanas y remotas. La recuperación de la inversión para algunos sistemas de bombeo de agua fotovoltaica es de 4 a 6 años. También se discuten los recientes incentivos indios para el bombeo FV y las iniciativas políticas para la promoción del bombeo de agua solar en los países en desarrollo.

De manera que, (Benghanem, y otros, 2014), cálculo de efecto de cabezal de una bomba alimentada por sistema solar, ARABIA, 2013. Los sistemas de bombeo de agua fotovoltaica (PVWPS) se consideran una de las áreas más prometedoras en aplicaciones fotovoltaicas, El objetivo de estudio es determinar el efecto del cabezal de bombeo en PVWPS utilizando la configuración óptima de la matriz PV, adecuada para suministrar una bomba helicoidal de CC con una cantidad de energía óptima, en las condiciones exteriores del sitio de Madinah. Se han probado cuatro

cabezales de bombeo diferentes (50 m, 60 m, 70 m y 80 m). Las pruebas se han llevado a cabo para diferentes cabezas, bajo horas de luz solar, en un pozo real en una granja en el sitio de Madinah. Se ha obtenido la mejor eficiencia del sistema para el cabezal de 80 m, que se recomienda para la bomba sumergible SQF para un cabezal profundo. Además, el caudal  $Q$  depende básicamente de dos factores: el cabezal de bombeo  $H$  y la irradiación solar global  $H_g$ . El modelo desarrollado debería poder predecir el caudal  $Q$  para cualquier cabezal elegido con la mejor precisión.

(Elia Campana , y otros, 2013), Realizo un Modelado dinámico de un sistema de bombeo FV con especial consideración en la demanda de agua, ARABIA, 2013. Este diseño considero un (PVWPS), y lo calculo estrictamente de la estimación de los requisitos de agua del cultivo y del uso del suelo, ya que la demanda de agua varía durante la temporada de riego y la irradiación solar cambia de vez en cuando. Es importante realizar simulaciones dinámicas para lograr un diseño exitoso y óptimo, el objetivo es desarrollar una herramienta de modelado dinámico para el dicho diseño de bombeo de agua fotovoltaica combinando los modelos de la demanda de agua, la energía solar fotovoltaica y el sistema de bombeo, Se analizaron tanto la bomba de corriente alterna (CA) como de corriente continua (CC) y la matriz fotovoltaica de seguimiento fija y de dos ejes, Los resultados muestran que tiene la capacidad de realizar un diseño y optimización rápidos para reducir el pico de potencia y seleccionar los dispositivos evaluando los aspecto técnicos y financieros, entre las diferentes alternativas consideradas en este estudio, el sistema fijo de CA representaba la mejor solución rentable.

## Teorías Relacionadas al tema.

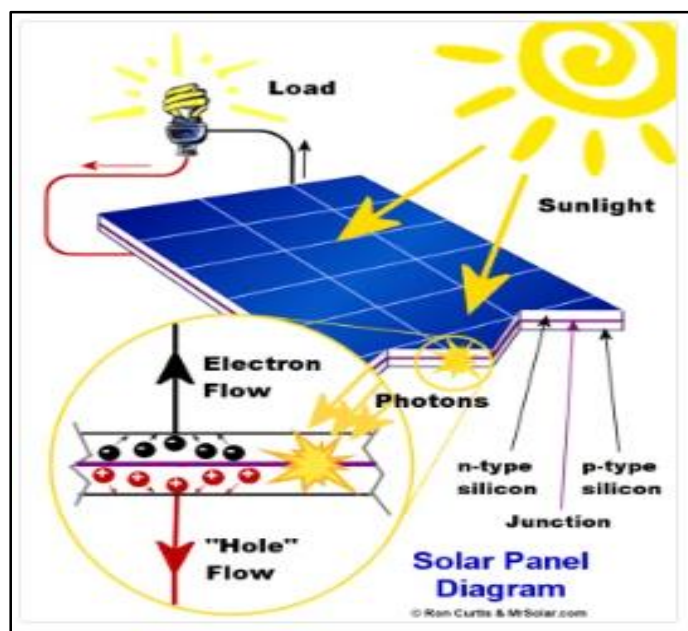
### Que es la Energía.

“La energía puede manifestarse de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero respetando siempre el principio de conservación de la energía” (ITC, 2008).

### Efecto Fotovoltaicos.

“Para crear el flujo de electricidad necesitamos generar también una carga positiva, esta carga se genera en un panel de Silicio/Boro, el Boro es trivalente, sólo tiene 3 electrones para ofrecer, lo que dejará un hueco en el Silicio para aceptar un electrón más, por esto el **panel Silicio/Boro (panel tipo P o positivo)** queda cargado positivamente cuando el material de la celda solar(silicio u otros material semiconductor), absorbe parte de los fotones del sol, e fotón es absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior del celda, ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica” (Orbegoso, y otros, 2010)

*Figura. 5. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar.*



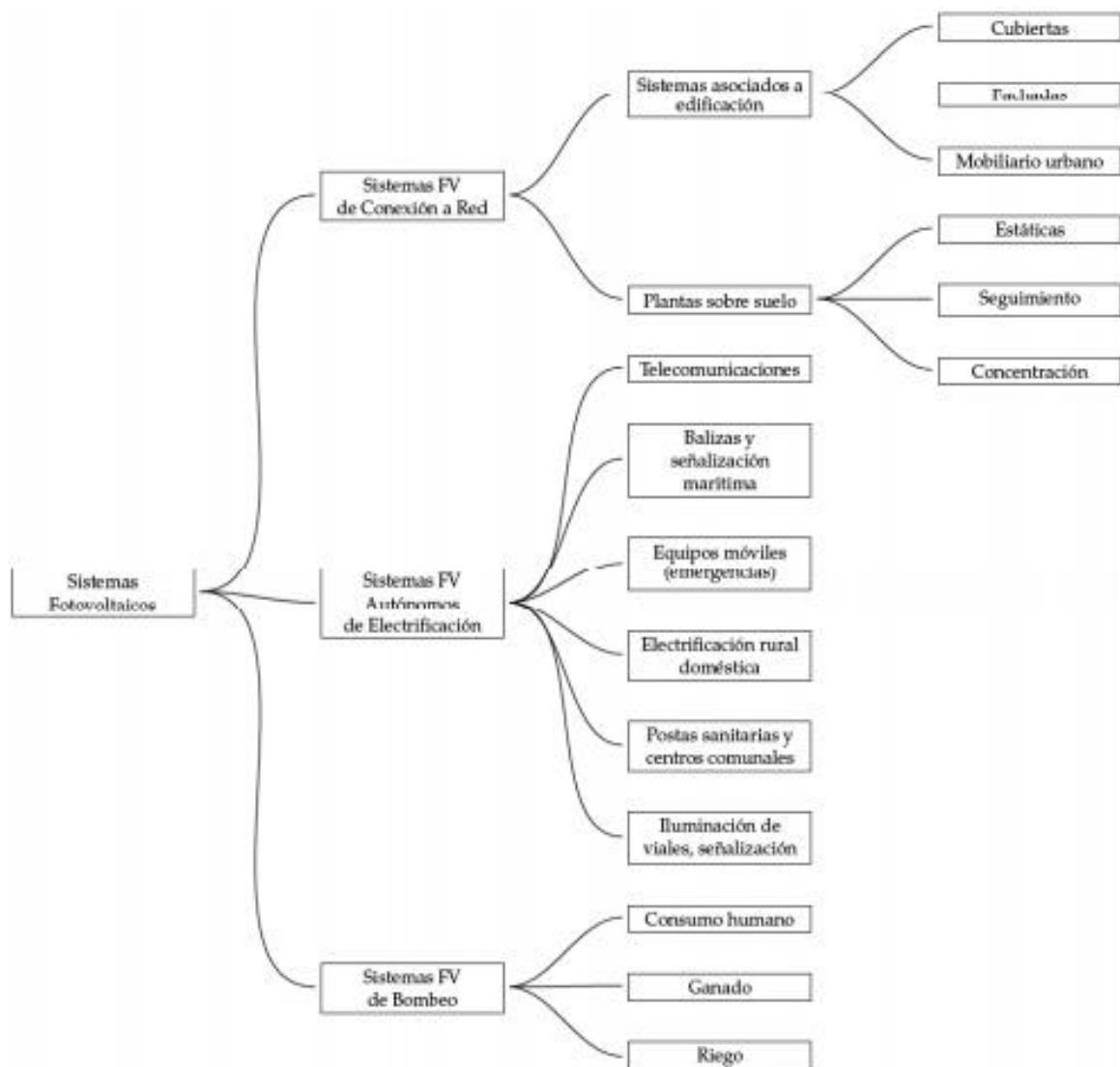
Fuente: (Revista, 2016)

## Tipos de paneles solares:

- Paneles de formato “baldosa o teja”:** son paneles pequeños diseñados para la unión de un gran número de ellos y adaptarse a diferentes superficies.
- Paneles con sistemas de concentración:** incorporan superficies reflectantes que concentran los fotones sobre los paneles fotovoltaicos. No aumenta la tasa de conversión, pero sí la cantidad de electricidad producida por unidad de superficie al recibir una mayor cantidad de fotones.

**Paneles solares bifaciales:** pueden producir electricidad cuando la luz solar incide en cualquiera de sus dos caras” Fuente: **(Perpiñan Lamigueiro, y otros, 2012)**

*Figura. 6. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar.*



Fuente: **(Perpiñan Lamigueiro, y otros, 2012)**

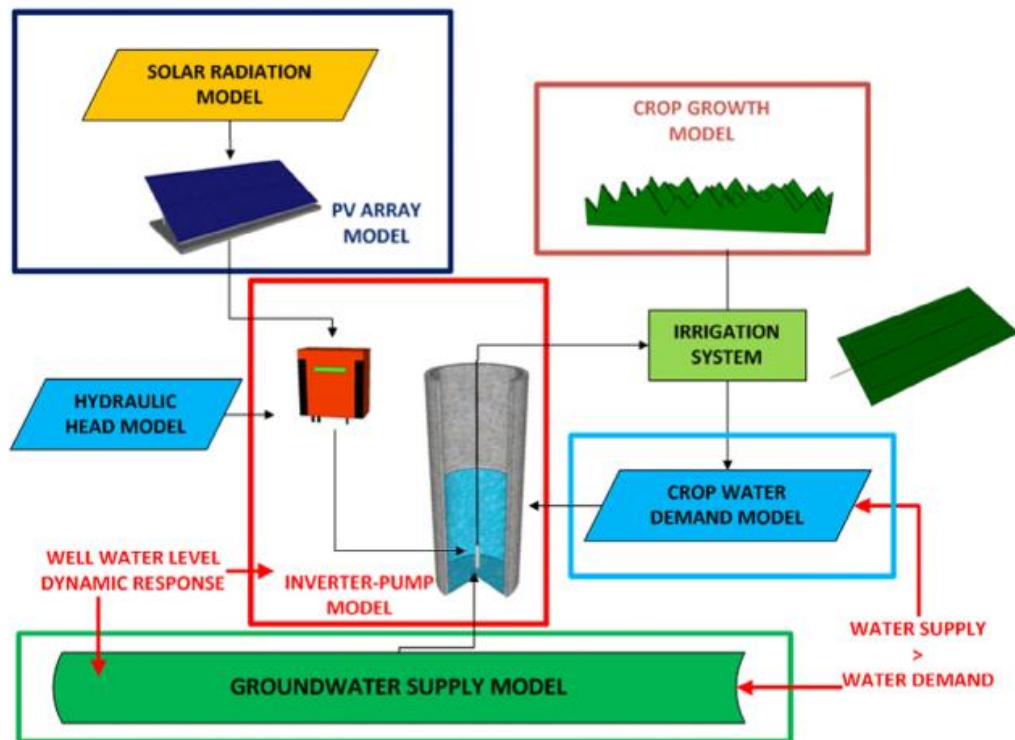


## A. Componentes básicos del sistema fotovoltaico.

La instalación adecuada de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios, exige que se conozcan las características y funciones de cada una de los componentes o partes que lo conforman, por ello, en este curso se describirá lo concerniente a los componentes básicos y su instalación; estos componentes son,

- ✓ el panel fotovoltaico,
- ✓ el regulador de carga,
- ✓ la batería,
- ✓ las cargas de alimentación

Figura. 7. Esquema del efecto fotovoltaico de un panel solar.



Fuente: (Zhang, y otros, 2015)

### a. El panel fotovoltaico o panel solar.

“Es el que permite transformar la energía solar en energía eléctrica. También se le llama módulo fotovoltaico y está conformado por varias celdas fotovoltaicas. Produce corriente continua (CC)”.

Figura. 8. Celda fotovoltaica.

Tipo de silicio	Estructura	Propiedades
<b>Silicio monocristalino</b>	Celdas compuestas de finas capas de cristal de silicio	Rendimiento de 12 a 16% Pero absorción un poco débil
<b>Silicio policristalino</b>	Celdas compuestas de finas capas de varios cristales de silicio	Rendimiento de 11 a 13% Mejor poder de absorción
<b>Silicio amorfo</b>	El silicio no es cristalizado.	Rendimiento débil de 5 a 9% Buen poder de absorción

Fuente: (SENCICO, 2013)

#### b. La batería

Componente que almacena la energía eléctrica que recibe del panel fotovoltaico para luego distribuir la electricidad en el momento que se necesite. Las baterías realizan tres funciones importantes dentro del sistema fotovoltaico **(SENCICO, 2013)**

#### c. El controlador o regulador de carga.

“Se encarga de conectar y desconectar el panel fotovoltaico, dependiendo de si la batería está cargada o descargada. Además, deja al panel fotovoltaico en circuito abierto cuando debe desconectarlo” **(SENCICO, 2013)**

#### d. El inversor y el convertidor de energía.

“El inversor tiene como función transformar la tensión de corriente continua (CC) de la batería a corriente alterna (CA) y poder utilizar los equipos y artefactos que normalmente funcionan con este tipo de corriente, que suelen ser los convencionales de entrada de 24Vcc a 110V / 220Vac. Hay tres tipos de inversores” **(SENCICO, 2013)**

- ✓ Onda cuadrada.
- ✓ Onda cuadrada modificada
- ✓ Onda Sinusoidal.

## B. Eficiencia de los paneles solares.

Dentro de todos los tipos de paneles solares que existen, los de mayor eficiencia y rendimiento son los que usan tecnología mono cristalina, esto significa que, al instalar producirá mayor potencia, y reaprovechara mejor el espacio o área destinada, si realiza un comparación entre los demás paneles y tendrá mejor rendimiento y eficiencia, tal así que generara más Wattios por metro cuadrado y por espacio utilizado, dentro de ellos los más recomendados son los de mayor calidad que hay, En la actualidad, concretamente serían los paneles solares LG Neon y los SunPower MAX3, MAX2 y P19 como vencedores, la alta eficiencia, en paneles solares, se puede considerar a partir de un 19% **(SundFields, 2019)**.

Tabla 2. Eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celas solares

Tecnología	Símbolo	Característica	Eficiencia de celdas en laboratorio (%)	Eficiencia típica en módulos comerciales (%)
Silicio monocristalino	sc-Si	Tipo oblea	24	13-15
silicio policristalino	mc-Si	Tipo oblea	19	12-14
Películas de silicio cristalino sobre cerámica	f-Si	Tipo oblea	17	(8-11)
Películas de silicio cristalino sobre vidrio		Película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio - germanio)	a-Si	Película delgada	13	(8-11)
Diseleniuro de cobre-indio / galio	C1GS	Película delgada	18	(7-10)
Telurio de cadmio	CdTe	Película delgada	18	
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO2 sensibles a la humedad)		Película delgada	11	
Celdas tandem de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	33 (tandem) 28(solo)	

Fuente: (Orbegoso, y otros, 2010 pág. 11)

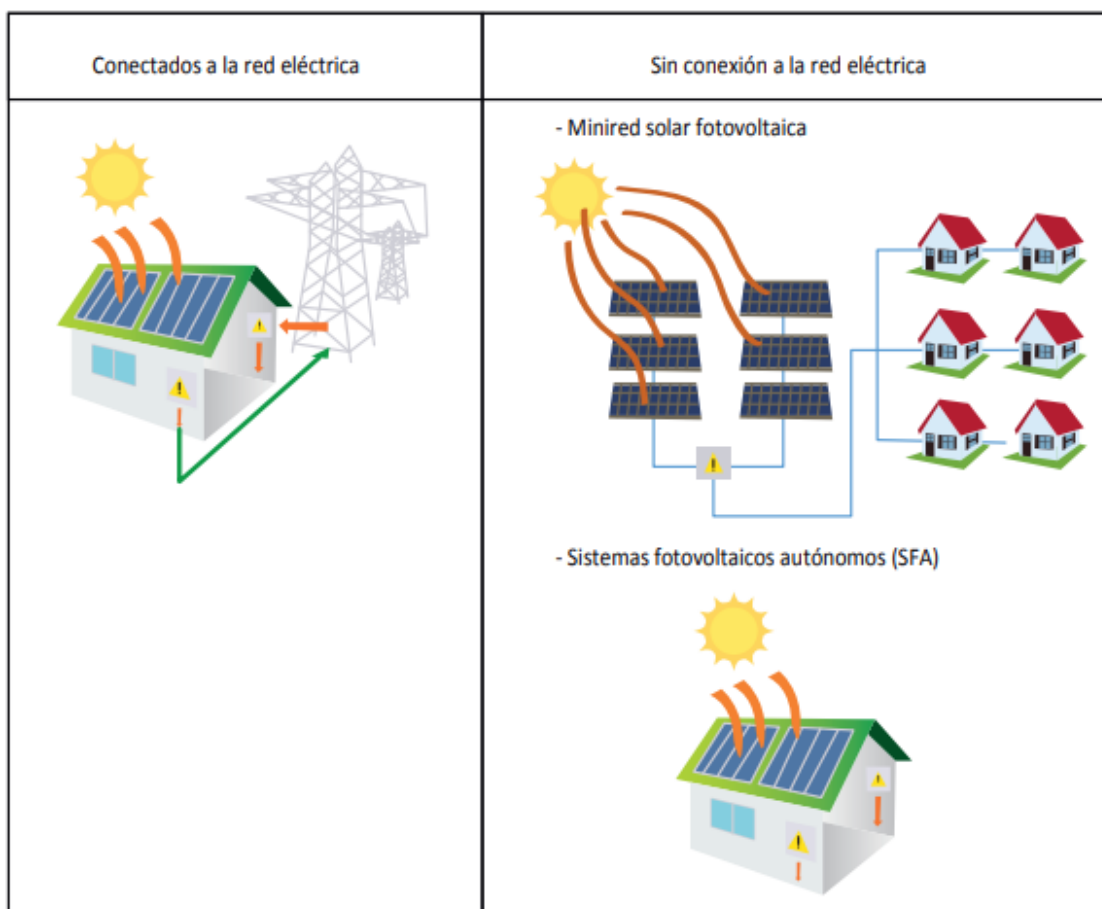
### C. Energías renovables descentralizadas

“Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se incluye lograr el acceso universal a la electricidad para 2030, es por ello que muchos países han empleado mecanismos para incrementar el acceso en zonas rurales, buscando soluciones descentralizadas” (Osinermin, 2019).

### D. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.

Los sistemas fotovoltaicos generan pocos residuos a comparación de otros sistemas, además de beneficiar a la población brindando acceso al suministro eléctrico, contribuyen a mitigar el cambio climático, Por otro lado, la reducción en el costo de fabricación de paneles solares ha convertido a esta fuente de energía en cada vez más competitiva, estos sistemas se pueden estar conectados a la red pública y pueden estar de modo asilados (Osinermin, 2019).

Figura. 9. Diagrama de carga y duración.



Fuente: (Osinermin, 2019).

## **E. Evaluación de la Demanda Eléctrica.**

“Los proyectos deberán considerar una nueva perspectiva de análisis donde permita proyectar la potencia instalada, de tal modo que sea menor a la demanda máxima del que requiera consumir o usar, para ello las proyecciones se podrá realizarse por cualquier de los dos métodos que se describen” **(Norma-EM.010, 2012).**

- ✓ **Método 1.** “Considerando las cargas realmente a instalarse, los factores de demanda y simultaneidad que se obtendrán durante la operación de la instalación” **(Norma-EM.010, 2012).**
- ✓ **Método 2.** “Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad o las Normas DGE correspondientes; el factor de simultaneidad entre las cargas será asumido y justificado por el proyectista” **(Norma-EM.010, 2012).**

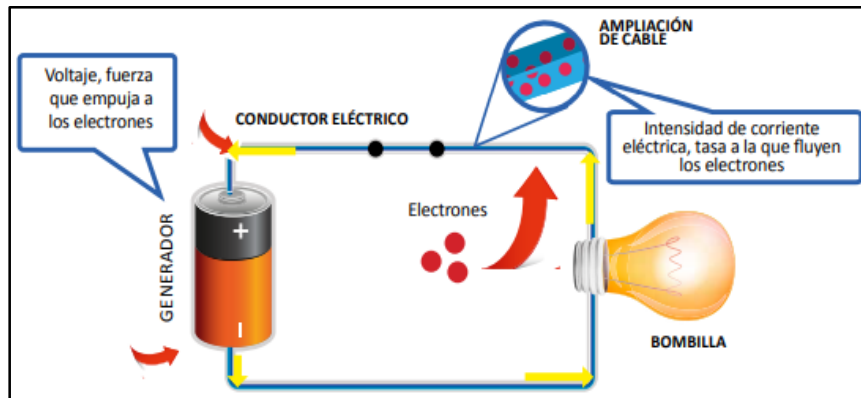
## **F. El Sector Eléctrico.**

En el sector eléctrico puede presentarse diversas características técnicas y económicas que someten a la estructura organizacional de la industria, el mismo que abastece y consume la producción de energía eléctrica, por ello enfatizamos los roles y vínculos de gran valor para esta cadena de producción. **(Osinermin, 2017).**

## **G. La Energía Eléctrica.**

Está definida como el movimiento de electrones que se trasladan por un conductor eléctrico durante un determinado periodo, La fuerza física o presión que induce este movimiento se denomina voltaje y su unidad de medida es el voltio (V), mientras que la tasa a la cual fluyen los electrones se llama intensidad de corriente, cuya unidad de medida es el amperio (A), con el objetivo de contextualizar estos conceptos, diversos autores han establecido una analogía entre el flujo de electrones en un circuito eléctrico y el flujo de agua en una tubería. El conductor eléctrico sería análogo a la tubería por la que fluye el agua; el voltaje puede interpretarse como la presión que empuja el agua vía la tubería; y la corriente eléctrica equivaldría a la tasa a la cual fluye el agua **(Osinermin, 2017).**

Figura. 10. Diagrama de carga y duración.

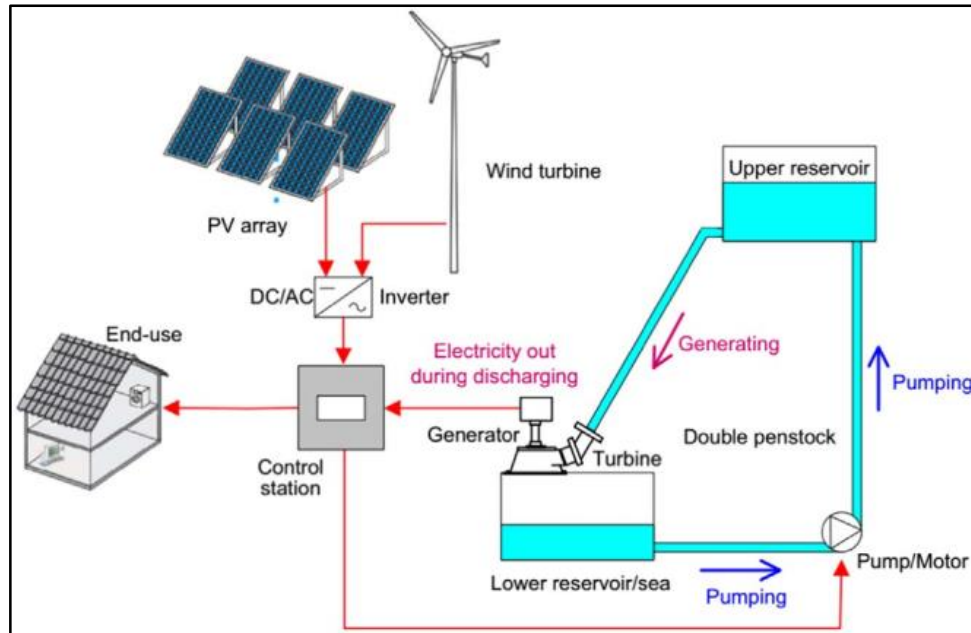


Fuente: (Osinergmin, 2017).

## H. Bombeo fotovoltaico.

Se desarrolla una nueva secuencia de alimentación eléctrica que consiste en procesos y etapas para la generación, convertidor control y consumo de la energía, esto se simulando en etapas y su evaluación esta por ciclos hasta lograr su uso eficiente.

Figura. 11. Ciclo eléctrico para bombeo fotovoltaico.



Fuente: (Yi jin, y otros, 2017)

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.

##### Diseño de la Investigación.

- ✓ Investigación Aplicada.

##### Diseño de la Investigación.

- **Diseño No Experimental.**

Esta investigación corresponde al tipo no experimental, porque no se va realizar ni altera las variables de campo, solo se realizará mediciones y levantamientos de información relevante para este desarrollo, además se usará los técnicos de observación de los fenómenos, para la complementación del detalle de diseño. para conseguir todos los objetivos propuestos, nos basaremos en la revisión documentaria de acuerdo a las variables, así determinemos todas las pautas para implementar dicho sistema, Se recopilará la información del SENAMHI en cuanto a la radiación solar por, estaciones del año.

- **Descriptiva.**

Es descriptiva la investigación, debido a que solo es observar y describir al problema tal como está, mas no realizamos manipulación de dichas variables de Estudio.

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Donde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

### 3.2. Variables y Operacionalización.

#### Variable Independiente.

“Sistema de bombeo fotovoltaico”

#### Variable Dependiente.

Demanda Hídrica

“Operacionalización de las Variables”

### 3.3. Población, Muestra y Muestreo.

#### Población.

Esta población para el estudio, conforma 8 hectáreas de terreno.

#### Muestra.

La muestra es, tres hectáreas cultivables.

#### Muestreo.

Demanda de agua que necesita el fundo San José.

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos,

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Observación	“Registrar el consumo de energía en el fundo”	Ficha de máxima demanda
Entrevista	“Conocer planes futuros de crecimiento y equipamiento en el fundo San José”	Entrevista de crecimiento
Revisión Documentaria	“Búsqueda de datos técnicos y elementos estándar para el diseño”	Ficha de revisión documentaria



## **Técnicas de recolección de datos**

Para esta investigación aplicare las siguientes técnicas.

### **Observación.**

Aquí solo se observa y se anota las diferentes variables de estudio, sin intervenir con ellas, por ejemplo, anotaremos el caudal de fluido y volumen de embalse en el acuífero y reservorio existente, otro de los parámetros es calcular la máxima demanda de energía que se necesita para bombear agua que va a abastecer al fundo San José de la provincia de Cajamarca.

### **Entrevista**

Aquí en esta etapa, se realiza el dialogo con el propietario del fundo, para expresar el alcance del proyecto, los beneficios que le traerá y las proyecciones futuras que tenga como visión, que mejoren la productividad del fundo San José de la provincia de Cajamarca.

### **Revisión documentaria**

Para esta etapa, nos abastecemos de información literaria, y científica que nos permita consensar los parámetros de diseño, además de regirse por las normativas que avalan estos proyectos de generación fotovoltaica, como manuales técnicos, elementos estandarizados, normas vigentes, etc.

## **3.5. Procedimientos.**

Se procederá con los siguientes instrumentos:

### **Ficha de Registro de Consumo.**

En esta ficha registramos la potencia a instalar y el consumo energético de los equipos y artefactos a conectar de acuerdo a su necesidad de uso por el propietario, Además, de proyectar la demanda eléctrica para inversiones futuras ya sea por poblado o por ganado, en esta ficha anotaremos los equipos a conectar sus cargas de consumos, su tiempo de uso, y así calcularemos sus consumos energéticos para el cálculo del sistema solar fotovoltaico,

### **Estimación de costos de Producción de Papa.**

Este registro va permitir estimar la producción de papa por hectárea, según la versión del propietario y la estadística en años pasados, en esta etapa seremos minuciosos en el costo de producción por hectáreas según eso para estimar los presupuestos de inversión y de recuperación que se presentaran en la evolución económica, para posteriormente afirmar o denegar su viabilidad económica.

### **3.6 Método de Análisis de Datos.**

Analizaremos los datos obtenidos tanto en el consumo energético y como la valoración de producción de papa por hectárea de acuerdo a sus tipos de terrenos cultivable, Según los datos aplicaremos la estadística descriptiva, tabulado en hojas de cálculos, y evaluando las variables de estudio.

### **3.5. Aspectos Éticos.**

Me comprometo a respetar la confidencialidad de la información proporcionada por el propietario, sin hacer uso externo que no sea para la presentación de este proyecto.

Además de mi compromiso de citar la propiedad intacta que pueda usar como referencia de estudio para implementar este sistema fotovoltaico, también la veracidad de los resultados obtenidos en esta investigación propuesta, y para concluir este tipo de propuesta no tiene efectos negativos, por el contrario, esto le permitirá mejor su calidad de vida y de oportunidades al habitante de dicho fundo.

#### IV. RESULTADO.

##### 4.1. Determinar la máxima demanda de agua del fundo San José en la provincia de Cajamarca.

##### 4.1.1 Cálculo de determinación del volumen de agua aplicado por hectárea = $V$ (m<sup>3</sup>/h)

Formula general para calcular en volumen de agua por hectárea según ( González Valencia, 2014).

Formula:

$$V \text{ (m}^3\text{/ha)} = \frac{Q(\text{m}^3/\cancel{s}) * T_{av}(\cancel{s})}{Ar \text{ (ha)}}$$

$$\rightarrow V \text{ (m}^3\text{/ha)} = \frac{Q * T_{av}}{Ar \text{ (ha)}} = (\text{m}^3)$$

$$\rightarrow V \text{ (m}^3\text{/ha)} = \frac{0.1 * 300}{0.924 \text{ (ha)}} = (\text{m}^3)$$

$$\rightarrow V \text{ ha)} = 32.46 \text{ (m}^3\text{)}$$

➤ En el terreno a cultivar hay un promedio de 2 hectáreas.

$$\rightarrow V \text{ ha)} = 32.46 * 2 = 64.9 \text{ (m}^3\text{)}$$

Por tanto, la cantidad de agua a utilizar es de:

$$\rightarrow V \text{ de agua} * 2 \text{ ha)} = 65 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\rightarrow V \text{ de agua} * 2 \text{ ha)} = 65 * 1.35 = 87.75 \text{ (m}^3\text{)}$$

Para obtener este resultado desgласamos los métodos cálculo de forma individual, para la obtención de este volumen total para regar dos hectáreas de cultivo más el abastecimiento de agua para ganado y riego por aspersión en campos pastizales, todo esto se realiza con criterios de diseño para el reservorio revestido con Geomembrana.

#### 4.1.2 Primero. Calculamos el caudal utilizado por surcos. = q (L/S)

- ✓ Método de aforo por canaleta, equivalente a caudal promedio por surco
- ✓ Aforo Volumétrico

Aplicaremos el método aforo volumétrico

- Caudal inferiores a 3(L/S)
- Capacidad de balde

Formula. Bajo el método aforo volumétrico

$$q = \frac{\text{Volumen de agua Capturado}}{\text{Tiempo de Llenado del valde}} = \left( \frac{L}{S} \right)$$

$$q = \frac{11 l}{10 s} = 1.1 (l/s)$$

#### 4.1.3 Segundo. Caudal por frente de riego =. Q (L/S)

- ✓ Caudal de entrada por N.º de surcos
- ✓ Promedio de surcos por compuertas abiertas

Formula:

$$Q = q * \# \text{ compuertas} = \left( \frac{L}{S} \right)$$

$$Q = \frac{(l/s)}{1000} = Q (m^3/s)$$

$$\text{Entonces} = 1.1 * 100 = 110 (l/s)$$

$$Q = \frac{120}{1000} = Q = 0.1(m^3/s)$$

#### 4.1.4 Tercero. Tiempo de avance del agua = Tav. (S)

- ✓ Registra tiempo de entrada y salida del agua

$$Tav. = T1 - T2 \rightarrow Tav. = T \text{ promedio}$$

$$Tav. (s) = (T1-T2) * 60 s$$

$$\text{Entonces} = 20 - 15 = 5 * 60 = 300 s$$

#### 4.1.5 Cuarto. Área Regada por Frente de riego = Ar. (ha)

- ✓ Registra tiempo de entrada y salida del agua.

Formula:

$$\# \text{ surcos regados} * \text{longitud surco (m)} * \text{distancia surcos (m)} = \mathbf{Ar.(m^2)}$$

$$\frac{Ar (m^2)}{10000} = \mathbf{Ar} (ha)$$

$$\text{Entonces } Ar = \# 165 \text{ surcos} * 70 (m) * 0.80 (m)$$

$$\rightarrow Ar = 9240$$

$$\rightarrow Ar \frac{9240(m^2)}{10000} \Rightarrow \mathbf{Ar = 0.924(ha)} \text{ redondeo} = 1 (ha)$$

➤ En el terreno a cultivar hay un promedio de 2 hectáreas.

## **4.2 Determinar el diseño del reservorio de abastecimiento de agua del fundo San José**

### **4.2.1 Métodos de cálculo para los sistemas hidráulicos**

Según (Aleaga Del Salto, 2015) los métodos de cálculo y fórmulas para sistemas hidráulicos son las siguientes:

#### **a) Tipo de tanque a diseñar**

El tipo de reservorio diseñar es tipo trapezoidal, y será construido en la parte superior o alta del terreno, se excavará la tierra para su construcción con ciertos detalles erguidos en el diseño. Las medidas son calculadas de acuerdo al volumen de agua a almacenar, por la capacidad de riego y las horas de consumo.

#### **b) Cálculo de caudal de diseño**

Para el caudal de diseño en considerado la cantidad de agua consumir para riego por gravedad más la cantidad agua para uso de ganadería además de un % de agua para riego de pastizal. Con una proyección de uso doméstico.

#### **c) Dimensionamiento del reservorio**

Este reservorio será llenado de día o de noche de cuerdo flujo y volumen de abastecimiento por la laguna con un tiempo de llenado promedio de 3.5 horas.

#### **d) Diseño hidráulico del reservorio**

- ✓ Volumen de diseño  $V_t = 80 \text{ m}^3$
- ✓ Caudal de entrada  $Q = 7.10 \text{ l/s}$
- ✓ Volumen de reservorio  $V_r = Q * t$

#### **e) Dimensiones de Diseño transversal por método de cálculos**

- Área base inferior:  $A_{bi} = 6 * 4 \text{ m}$
- Área base superior:  $A_{bs} = 8 * 6 \text{ m}$
- Área frontal:  $A_1 = 6 * 4 \text{ m}$
- Área lateral:  $A_2 = 8 * 6 \text{ m}$

- Altura del reservorio:  $A1 = 2.5 \text{ m}$
- Talud (z) : 1 m

$$A4 = 2 * A1 + A2$$

**f) Área total del reservorio**

$$AT = \left( \frac{B + b}{2} \right) * h = m^2$$

$$\rightarrow AT = 2 * A1 \left( \frac{B+b}{2} \right) * h + 2 * A2 \left( \frac{B+b}{2} \right) * h + Abs + Abi$$

**g) Cálculo del volumen**

$$Ab * h$$

$$AT = \left( \frac{B + b}{2} \right) * h = m^3$$

$$Area1 = L2 * A2$$

$$Area1 = 12m * 11$$

$$Area3 = (L2 + (Ha * z) * 2) * (A2 + (Ha * z) * 2)$$

**h) Volumen del agua:**

$$Vagua = (Area1 + 2 Area3) * Ha$$

**i) Volumen del reservorio:**

$$V1 = (Area1 + 2 Area2) * H1$$

**j) Volumen total:**

$$Vt = V1 + V2$$

**k) Diseño de la tubería de salida y la válvula**

Para el diseño del diámetro de la tubería y de la válvula de salida se utilizó la siguiente ecuación:  $Q = Cd * Ao * \sqrt{2gh}$

- coeficiente de descarga (Cd) de 0.82 para orificio con salida
- área de la tubería (Ao).

#### 4.2.2 Cálculo para el diseño del Reservorio Revestido con Geo membrana.

##### A. Datos para el diseño del reservorio.

Tabla 3. Datos para calcular el reservorio

Largo de borde (L)	8.00 m
Ancho de borde (A)	6.00 m
Talud (z)	1
Altura de reservorio (h)	2.50 m
Borde Libre (bl)	0.10 m
Caudal de entrada (Qe)	7.10 l/s
Diam. Tub. Descarga	6 "
Pendiente Transversal a L Fondo	1%
Ancho de Corona – anclaje	1.20 m
Longitud del anclaje subterráneo	0.30 m
Tiempo de embalse	3.50 H

Fuente: Elaboración propia

##### B. Resultados del dimensionamiento hidráulico

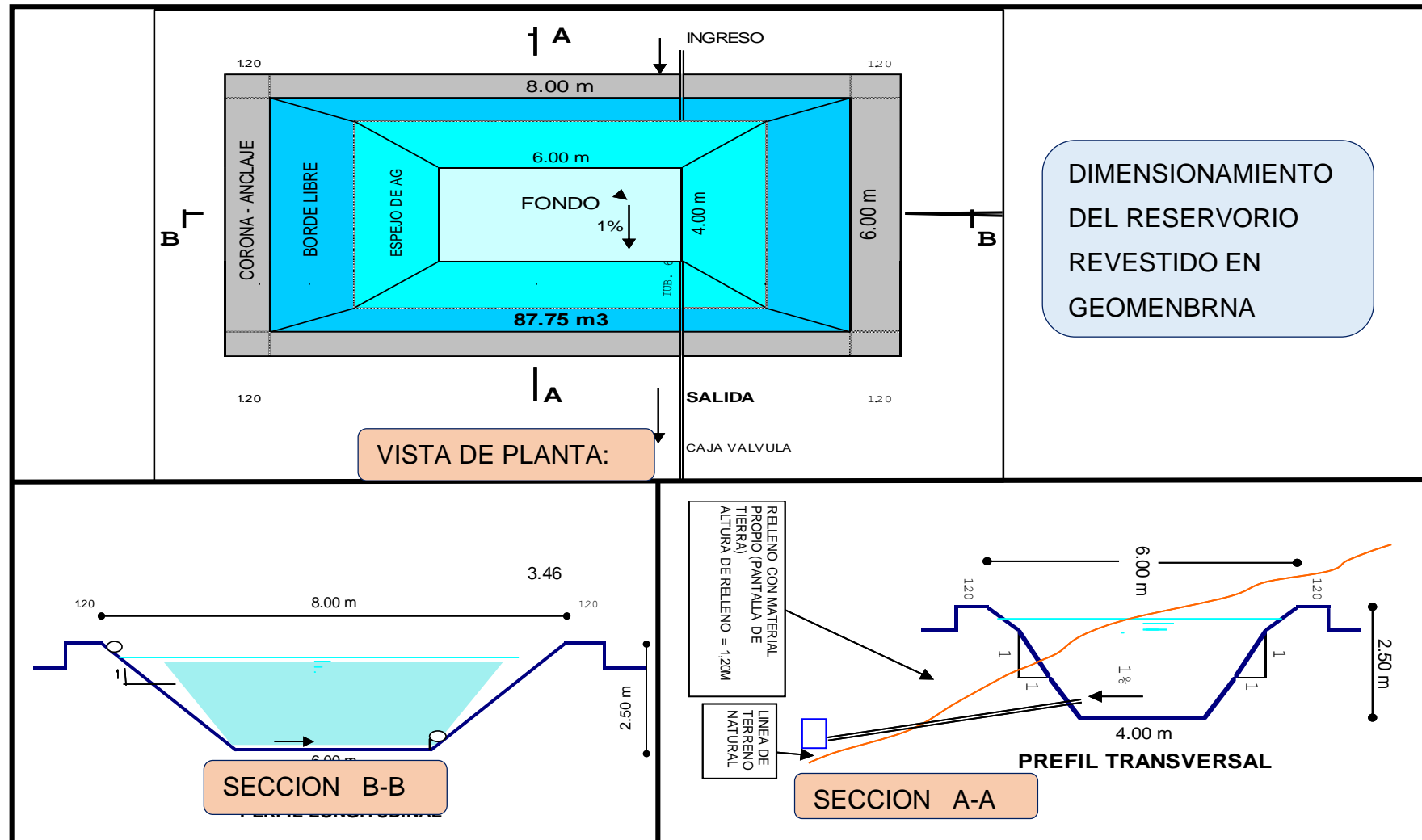
Tabla 4. Dimensionamiento y cálculos hidráulicos

DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS	
Volumen de diseño	90 m <sup>3</sup>
Largo de Fondo (L')	6.00 m
Ancho de Fondo (A')	4.00 m
Atura Menor del reservorio (h')	2.46 m
Área del espejo de agua (B)	45.24 m <sup>2</sup>
Reducción Vol. por pendiente (Vp)	0.53 m <sup>3</sup>
Volumen Total	87.75 m <sup>3</sup>
Volumen Útil	84.22 m <sup>3</sup>
Tiempo de embalse	3.3 h
Tiempo mínimo de descarga	0.5 h
Caudal máximo de descarga	82.3 l/s

Fuente: Elaboración propia



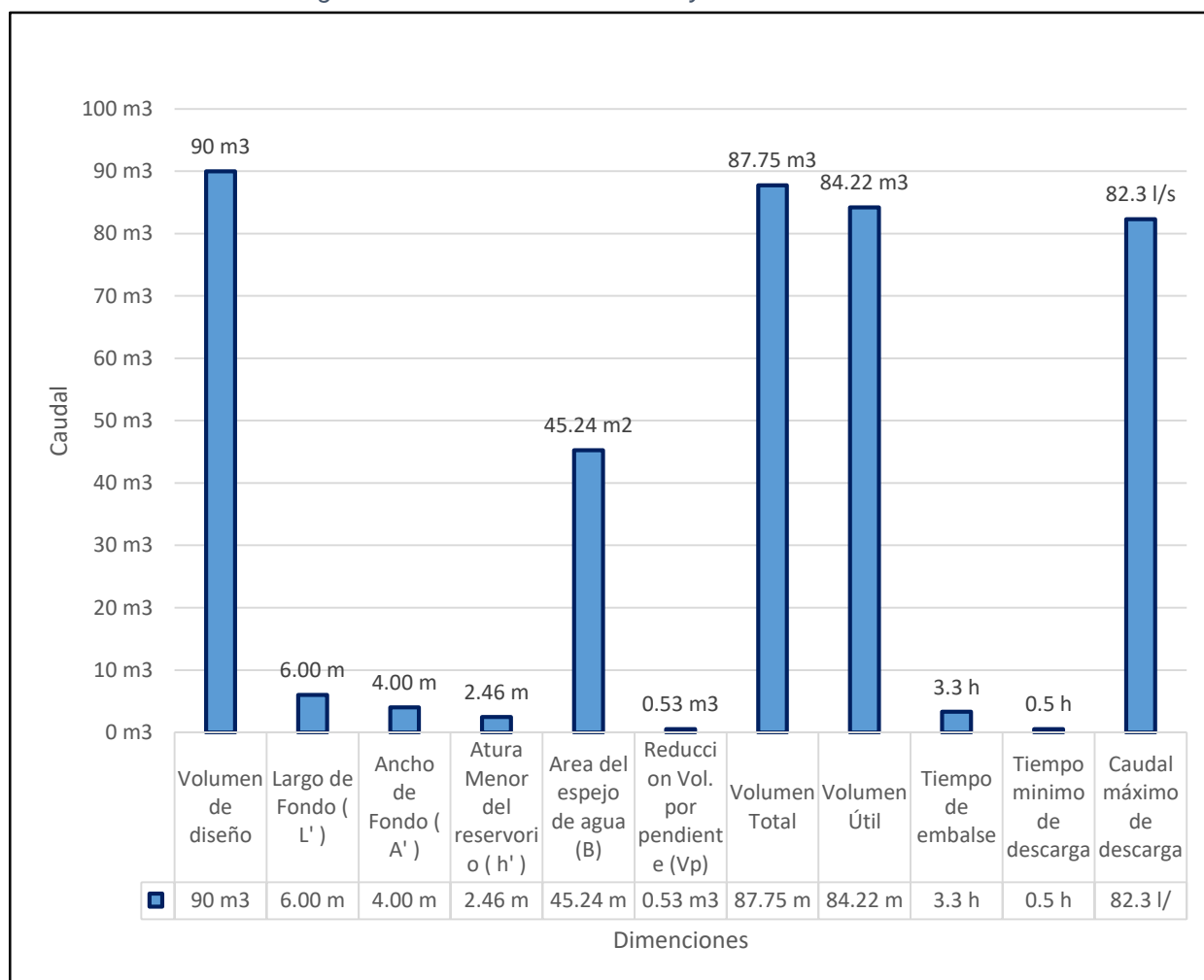
Figura. 12. Dimensionamiento del reservorio de Geomenbrana



Fuente: Elaboración Propia

## Gráfico de resultados caudal y dimensiones del reservorio

Figura. 13. Resultado del Caudal y las Dimensiones del reservorio



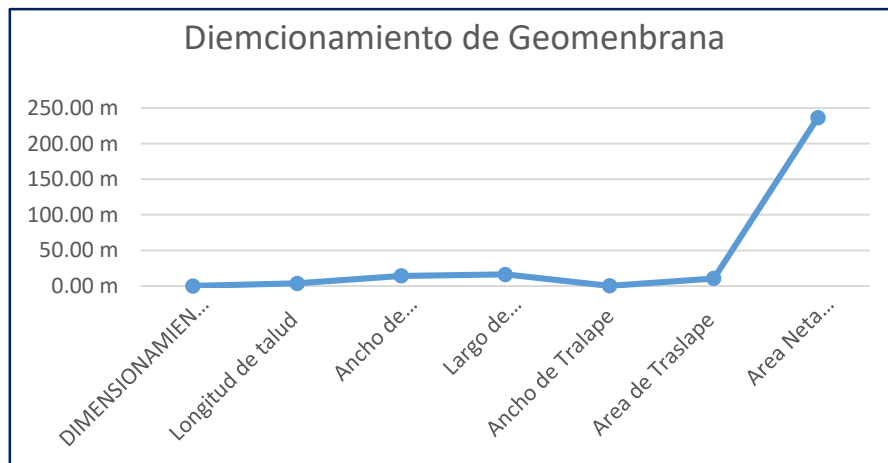
Fuente: Elaboración Propia

## C. Resultados del dimensionamiento de la Geo membrana.

Tabla 5. Dimensionamiento de la Geomembrana

DIMENSIONAMIENTO DE LA GEO MEMBRANA	
Longitud de talud	3.54 m
Ancho de Geo membrana	14.07 m
Largo de Geo membrana	16.07 m
Ancho de Traslape	0.10 m
Área de Traslape	10.47 m²
Área Neta Geo membrana	236.61 m²

Figura. 14. Resultado del dimensionamiento del Geo membrana



Fuente: Elaboración Propia

#### D. Criterios y díselo de reservorio con Geo membrana.

“Se diseñó el reservorio de acuerdo a los cálculos requeridos para almacenamiento de agua para regado y corriente de ganado, la estimación de diseño es para dos hectáreas de regadío, con un factor de reserva del 3 % de almacenamiento”.

### 4.3. Calcular los elementos electromecánicos del sistema de bombeo fotovoltaico del fundo San José”

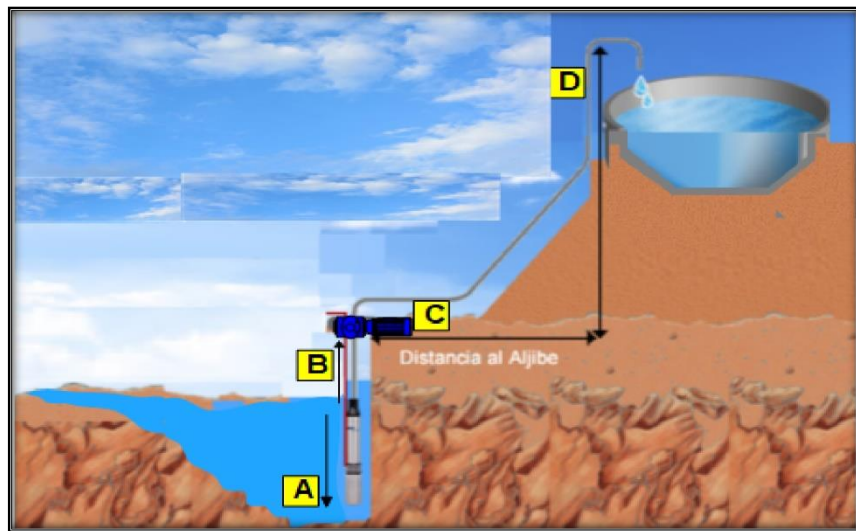
#### 4.3.1 Métodos de cálculo

##### a. Datos del Sistema.

Se diseña una tabla de cálculo en Excel, con la finalidad de maximizar los resultados, además de minimizar el número de hojas para cálculos por método o teoría.

Presentamos la imagen con modelo del diseño a calcular.

*Figura. 15. Representación del sistema de bombeo.*



Fuente: Elaboración Propia

Las medidas tomadas son datos obtenidos través de los instrumentos de medición, y por ende son validados, estas mediciones se realizaron:

- distancia se realizó con flexómetro.
- altura con el GPS atreves del celular.

##### b. Dimensiones de para el cálculo de la electrobomba.

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| - $Z_0 = 1 \text{ m}$  | - $L_1 = 5 \text{ m}$   |
| - $Z_a = 1 \text{ m}$  | - $L_2 = 120 \text{ m}$ |
| - $Z_b = 0 \text{ m}$  |                         |
| - $Z_c = 0 \text{ m}$  |                         |
| - $Z_d = 30 \text{ m}$ |                         |

Material por método de cálculo.

El material a utilizar para transfiere el agua será atreves de:

✚ tuberías de PVC, el cual tiene una riguridad de (0.0015 mm)

### c. Propiedades del Fluido.

PROPIEDADES DEL FLUIDO PARA TRABAJO	
T =	20°
δ =	1169.00 kg/m3
Viscosidad cinemática	0.00000100 m2/s
Presión de vapor	6733.000 m2/s

### d. Datos de las propiedades de la bomba

PROPIEDADES DE LA BOMBA				
Q =	22 m3/h	0.006 m3/s	6.111116 (l/s)	366.666667 (l/m)
H. Cabeza =	0.3 m	Medida al fluido de cavitación Altura neta de aspiración positiva  150 % D. succión  $\Theta 2''$  $\Theta 1 \frac{1}{2}''$  $As = \frac{\left(\frac{D}{1000}\right)^2 (Pi)}{4} = m^2$  $Ad = \frac{\left(\frac{D}{1000}\right)^2 (Pi)}{4} = m^2$		
NPSH r =	0.5 m			
D. Impulsor =	152 mm			
D. Succión de Bomba	50.8 mm			
D. Descarga de Bomba	38.1 mm			
A. Succión de Bomba	0.00202683 m2			
A. Descarga de Bomba	0.001140092 m2			

**e. Pérdidas Locales por Accesorios.**

- Se expresa en la siguiente ecuación

$$h_F = \frac{1760 * L(Q/C)^{1.43}}{D^{4.48}}$$

Ver Tabla de cálculo en el anexo.

**f. Obtención de Resultados según los Métodos de cálculo**

**a) Aplicando la ecuación de fluidos incomprensibles.**

$$P_b = \gamma \left[ Z_a - \frac{V_b^2}{2g} - h_f - h_L \right]$$

$$\frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a - h_f = \frac{P_b}{\gamma} + \frac{V_b^2}{2g} + Z_b$$

- Presión de Succión en la Bomba

$$P_b = -16271.4 \text{ (N/m}^2\text{)} = -0.163 \text{ (Bar)} = .2.359 \text{ (Psi)}$$

- Presión en la Descarga en la Bomba.

$$P_c = \gamma [Z_d + h_f + h_L]$$

$$P_c = 953531.0 \text{ (N/m}^2\text{)} = 9.35 \text{ (Bar)} = 138.262 \text{ (Psi)}$$

- Cálculo de la Altura de Bombeo

$$\frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} + Z_a + h_b - h_f - h_L = \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + Z_d$$

$$H_b = 30.0 \text{ (m) altura de bombeo}$$

- Cálculo del NPSH Disponible.

Formula general número de pérdidas

$$NPSH = \frac{P_b - P_v}{\rho * g} \pm Z_a - P_{ls}$$

$$NPSHD = \left( \frac{16271.4 \frac{N}{m^2} - 6733 m^2/s}{1169.00 \frac{Kg}{m^2} * 9.81} \right) + 1 - 1.822 * 1.72$$

$$NPSHD = -2.8319 \text{ (m)}$$

➤ **Potencia Hidráulica** Obtenida del Diagrama de Curvas

$$PH = \frac{Q \frac{m^3}{s} * g * \rho * h}{1000} = KW$$

$$PH = \frac{0.006 \frac{m^3}{s} * 9.81 * 1169.00 \text{ Kg/m}^2 * 30m}{1000} = KW$$

$$PH = 2.10 \text{ KW}$$

➤ Eficiencia Mecánica.

$$\eta = PH * fs = KW$$

$$\eta = 2.10 \text{ Kw} * 0.8 = KW$$

$$\eta = 2.6 \text{ Kw}$$

➤ Potencia total obtenida **2.6 KW**

Convertida a HP (comercial)

$$2.6 \text{ (KW)} / 746W \text{ (1HP)}$$

$$= 3.48 \text{ HP redondeo a } 3.5 \text{ HP}$$

**g. Detalle de Catalogo de la Bomba utilizar.**

Determinamos la bomba a utilizar según la potencia calculada. ahora comparamos con el catálogo del proveedor en modo comercial además considerar una potencia mayor a lo calculado, como factor de seguridad y de eficiencia. Pare este proyecto se determina la siguiente bomba. Modelo: Cpm 680C.

*Figura. 16. Modelo y Característica de la Bomba.*

POS. COMPONENTE		CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1					
2	TAPA	Hierro fundido					
3	RODETE	Latón para CP 680, CP 700 Hierro fundido para CP 750					
4	EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
		Modelo	Modelo	Diámetro	Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero
		CP 680					
		CP 700	FN-24	Ø 24 mm	Grafito	Cerámica	NBR
		CP 750	FN-32 NU	Ø 32 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		CP 680	6307 ZZ - C3 / 6206 ZZ - C3				
		CP 700					
		CP 750	6310 ZZ - C3 / 6308 ZZ - C3				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		Monofásica	(220 V)				
		CPm 680C	70 µF 450 VL				
8	MOTOR ELECTRICO	CPm: monofásica 220 V - 60 Hz. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz ➔ Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) – Aislamiento: clase F. – Protección: IP X5.					

**Fuente: Pedrollo**



#### 4.4. Calcular la máxima demanda de energía fotovoltaica para satisfacer la al fundo.

##### Tablas meteorológicas

Tabla 6. Variables climáticas en las estaciones meteorológicas.

ENERGIA SOLAR INCIDENTE			
Zona Horario UTC-05, America / Lima/Perú			
Descripción	Denominación	Resultados	Magnitud
Potencia Fotovoltaica especifica de salida	PVOUT	1653	KWH/m2 por día
Irradiación normal directa	DNI	1814	KWH/m2 por día
Irradiación horizontal global	GHI	2025	KWH/m2 por día
Irradiación horizontal difusa	DIF	797	KWH/m2 por día
Irradiación horizontal global en Angulo optimo	GTI opta	2053	KWH/m2 por día
Irradiación horizontal global de los módulos fotovoltaicos	OPTA	11//0	KWH/m2 por día
Temperatura del aire	Temperatura	15,3	C
Elevación del terreno	ELE	2736	Metro

Fuente: (SENAMHI, 2013)

##### 4.4.1 Radiación solar en el Perú

Al observar la Tabla N° 6, la radiación solar diaria es variable según días nublados, días lluviosos con ausencia de luz solar, días de verano de ardiente sol, donde se puede afirmar que la radiación solar va en promedio en la Región Cajamarca, de **4.74 Kwh/m<sup>2</sup>** .

Tabla 7. Valores de irradiación solar por mes del año/ Perú.

Tabla de Irradiación Solar por departamentos en PERÚ													
Departamento	Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
Tumbes	3	4.6	4	5.1	4	4.5	4.1	3.9	3.9	4.2	4.2	4.6	4
Piura	4.3	4.6	4.6	4.1	4.5	3.4	3.5	3.6	3	3.9	4.6	4.4	4.6
Piura	5.2	4.6	4.8	4.5	4.7	3	4.2	4.4	5	5.1	4.9	4.4	4.9
Lambayeque	6.7	5.4	5.4	5	4.4	3.9	3	4.3	4.9	5.1	5.3	5.5	5
Cajamarca	7.1	5.6	5	5.3	4.8	4.1	3.5	3.8	4.6	4.9	5.2	5.1	5
La Libertad	7.7	4.6	5.1	4.7	4.5	4	3.4	3.3	4.1	4.1	4.7	4.9	5.1
Ancash	9.2	5.5	5.4	5.9	5.3	4.6	4.7	3	4.5	4.5	5.6	4.7	5.7
Ancash	9.5	5.2	5	5	5.1	4.9	1.9	3.7	5.3	5.4	5.4	5.5	5.2
Lima	0.7	5.3	5.2	4.4	5.1	4.7	2.7	2.3	4.9	2.1	2.7	4.3	5.5
Lima	12.1	6.6	5.3	5.3	5	5.6	2.3	2.3	2.2	2.4	3.3	4	4.9
Lima	12.1	4.3	4	4.2	4.3	3.7	2.2	2	2	2.2	2.8	3.3	4.2
Fuente	Valores de irradiación solar por mes del año/ Perú.												
	SENAMHI							Atlas de Energía Solar del Perú					
	Dirección General de Investigaciones y Asuntos Ambientales												
	Ministerio de Energía y Minas												

**Fuente:** (SENAMHI, 2013)

#### 4.4.2 Cuadro de Cargas de la Potencia Instalada, máxima demanda (KW), y Consumo Energético (W/h)

Tabla 8. Valores de irradiación solar por mes del año/ Perú.

CUADRO DE CARGAS, FUNDO SAN JOSÉ						MAX. DEMANDA		CONSUMO ENERGÉTICO		
ÍTE M	AMBIENTE	DESCRIPCIÓN EQUIPO / ARTEFACTO	CANTI DAD	Potencia (Watts)	Potencia parcial Instalad a (Watts)	Factor Demand a	Máxima Demand a	Horas de funcionamient o(h/día)	Consumo de Energía P arcial (Watts/hora)	Consumo de Energía x Día (Watts/hora)
1	USO DOMESTIC O	Fluorescente de 2x36 W	6	192	4790	1	192	5	960	88.30 watts
2		lámparas ahorradoras	6	48		1	48	5	240	
3		Televisor 49"	1	150		1	150	12	1800	
4		Terma eléctrica 20 lt	1	1500		0.5	750	0.5	750	
5		CPU	1	800		0.5	400	3	2400	
6		Lavadora	1	500		0.2	100	1	500	
7		Horno Microondas	1	600		0.1	60	0.3	180	
8		Uso general tomas	1	1000		1	1000	2	2000	
7	USO TALLER	ELECTROBOMBA	1	2600	6100	0.3	780	3.5	9100	16.100 watts
8		Tableros. Riego	1	500		0.5	250	4	2000	
9		Amoladora	1	1200		0.2	240	1	1200	
10		Taladro	1	800		0.2	160	1	800	
11		otro uso taller	1	1000		0.5	500	3	3000	
TOTAL POTENCIA INSTALADA ,Y DEMANDA MÁXIMA (KW)					10.89	7	4.63	ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA X DÍA (KW/H)		24.93

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3 Demanda Máxima Consumida por Día.

A continuación, se puede describir las características de la demanda energética que pretende cubrir el presente proyecto, el mismo que sería energizar para el fundo san José.

Se muestran en los siguientes cuadros de carga.

Consumo de Energía x Día (Watts/hora)	
Domestico	88.30
Industrial	16.100
ENERGÍA TOTAL (KW/H)	24.93

Total, de demanda de energía consumida para el fundo san José.

Deduciendo la carga total proyectada de consumo el cual representa. **24930 wh/día = 24.93 kwh/día.**

#### 4.4.4 Desarrollo de cálculo del sistema Fotovoltaico

Aplicaremos los datos del sistema y los criterios de cálculos de acuerdo las normativas vigentes aplicado al diseño, montaje e Instalación de sistemas Fotovoltaico.

##### Códigos y Normas para Diseño y para Materiales

Todos los materiales, equipos, componentes y funciones deberán ser diseñados, fabricados, probados e instalados según conforme a la normativa vigente, que esta esté en su última actualización, y según corresponda su aplicación.

- **ANSI** American National Standards Institute.
- **ASTM** American Society for Testing & Materials.
- **IEEE** Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- **IES** Illumination Engineering Society
- **ICEA** Insulated Cable Engineers Association.
- **NEC** National Electrical Code.
- **NESC** National Electrical Safety Code
- **NEMA** National Electrical Manufacturer's Association.
- **NFPA** National Fire Protection Association.
- **OSHA** Occupational Safety and Health Administration.
- **UL** Underwriter's Laboratories.
- **IEC** International Electromechanical Commission.
- **NOSA** National Occupation Safety Association.
- **ISO** International Standards Organization.
- **FMRC** Factory Mutual Research Corporation.

Adicionalmente a las normativas extranjeras los diseños y criterios de cálculos deberán hacerse de acuerdo a la normativa peruana,

- **Artículo 3° de la Ley N° 27332, (02/05/2008)**
- **Decreto Legislativo N° 1002**, “Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables”
- **Ley N° 27.345 (08/2000)**, “Ley de promoción del uso eficiente de la energía”.
- **Decreto Supremo 012-2011-EM (03/2011)**. “Reemplaza al Reglamento original (Decreto Supremo 050-2008-EM)”
- **RM-161-2013-MEM/DM (13/04/2013)**  
Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo de las actividades Eléctricas
- **RM-366-2001-EM/VME (06/08/2001)**  
Código Nacional de Electricidad Suministro
- **RM-037-2006-EM/DGE (30/01/2006) sección 050**  
Código Nacional de Electricidad Utilización.
- **DS-046-2001-EM (20/07/2001)**

Reglamento de Seguridad e Higiene

- **DS-020-97-EM (09/10/1997)**

NTCSE –“Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”.

En caso de que exista conflicto o cruce de códigos y/o los estándares, prevalecerá el más actualizado y de rigurosidad, para el criterio de diseño eléctrico estará conforme a las últimas regulaciones aplicables de las siguientes organizaciones en normativa de seguridad eléctrica:

- **OSHA U.S.** Occupational Safety and Health Administration.
- **MSHA U.S.** Mine Safety and Health Administration.

Se permitirá al diseñador o proyectista a desarrollar este tipo de sistemas. También aplica a los proveedores cuando tenga que suministrar los equipo y materiales, según su equivalente. Sin embargo, es responsabilidad del Diseñador identificar las diferencias para la evaluación y la aprobación.

#### **4.4.5 Desarrollo de cálculo del Sistema Fotovoltaico.**

Este desarrollo los efectuamos con memorias de cálculos realizadas en cuadros de Excel, con la finalidad de simplificar el método y los resultados, cabe indicar que el diseño de cálculo está de acuerdo a lo procedimientos establecidos por las normativas mencionadas.

Tabla 9. Datos del sistema Fotovoltaico.

MEMORIA DE CALCULO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS						
Datos del sistema fotovoltaico			Criterio de Calculo			
Ítem	Descripción	Condición	ABREV.	Formula	Resultado	Magnitud
A)	DATOS DEL SISTEMA					
a)	Energía de Consumo x día	Energía total consumida por día, de máxima demanda diaria por las cargas conectadas	EC	(Watts/hora)	24.930	
b)	Tensión del Sistema	tensión entregable de los paneles fotovoltaicos unitarios	TS	Vcc	24	Vcc
c)	Radiación Total	radiación promedio por departamento según SENAMHI	RT	Irradiación solar * promedio mes	3.50	(Kwh/Año )

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Criterios de Diseño del sistema FV.

B) CRITERIOS DE DISEÑO						
a)	Factor Inversor	Factor para calcular la corriente continua a alterna	FI	$F = (cc - ca)$	1.2	(cc)
b)	Factor de Corrección	Factor de seguridad al servicio	FC	$FC = 12\%$	1.2	(cc)
c)	Carga Total	energía de consumo por el factor de conversión como factor de seguridad del sistema	CT	$CT = (EC - FI = Kwh/d) (cc)$	29.92	(cc)
d)	Carga Diaria	la carga total entre la tensión del sistema fotovoltaico	CD	$CD = (CT/TS = Ah) (cc)$	1.25	(Ah)
e)	Corriente Corregida	factor de corrección relacionado las pérdidas al rendimiento de las baterías, y al convertidor de la instalación 220 V.	CC	$CC = (CD * FC = Ah) (cc)$	1496	(Ah)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Desarrollo de cálculo del sistema Fotovoltaico.

C) DESARROLLO DE CALCULO						
a)	Radiación Solar Total	considerando la irradiación solar en el departamento de Cajamarca, Bambamarca donde se encuentra la estación meteorológica del SENAMHI	RST	$RST = (RT * \frac{H}{Dia}) (wh ah)$	28.00	(KWh)
b)	Corriente Pico del Sistema	corriente máxima de consumo por día	IPS	$IPS = (\frac{CC (Ah)}{RST (Kwh)}) (A)$	53.42	(A)

Fuente: Elaboración propia



Tabla 12. Calculo y selección de Paneles Solares.

D)	Calculo y selección de numero de paneles solares (NPS)					
a)	Característica de Panel Fotovoltaico	catálogo del fabricante, seleccionamos el panel Solar poli cristalino  <b>SK6612P 335W-24VCD 72 CELDAS, 13.9 A</b> por adecuarse a las necesidades o requerimientos técnicos y medio ambientales ws	NPF	Según catalogo <b>SK6612</b>	13.9	(A)
b)	<b>Numero de Paneles Solares</b>	se toma el valor de la corriente piso del sistema (A). Y seleccionamos los valores de corriente que genera cada panel de acuerdo al catálogo de cada fabricante	NPS	$NPF = (IPS / IEP = A) (cc)$	<b>4</b>	(Unidad)
c)	Potencia Total de Paneles	como condición se establecerá el tipo de conexión para sumar las potencias	PTP	$NPS * P \text{ del panel}$	1287	(W)
d)	Inclinación de Paneles Solares	para calcular la inclinación del panel es importante conocer la latitud (L), para conocer la orientación del sol		$L + 15 = 22^\circ$ $L - 20 = 13^\circ$ $3.7 + (L * 0.69)$	8.53	grados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Cálculo y selección de baterías, regulador e inversor.

D) CALCULO Y SELECCIÓN DE BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO, REGULADOR DE CARGA Y INVERSOR						
a)	Cálculo para dos Días de reserva	capacidad de banco por la carga total	Cap. Ban	$Cap\ Ban = (IC * dias = Ah) (cc)$	2991.6	(Ah)
b)	Capacidad Corregida	Tensión nominal de las baterías 24 Vdc, y la capacidad de carga de 300 Ah, según el modelo Poder AGM.	Corr.	$Corr. Corr = (Cap, 4274 B/0.7) = Ah$	4274	(Ah)
c)	Cálculo del número de Baterías	Capacidad corregida entre la capacidad según catálogo, Se recomienda utilizar baterías del tipo solar de ciclo profundo U-POWER AGM 300A/h.	# Bat	$\# Bat = Cap Corr / I catalog = \# Bat$	14	Baterías
d)	Regulador de Carga	El controlador o regulador de carga se selecciona según la máxima corriente hacia el sistema. Corriente pico del sistema.	RC	según catalogo: marca Victron Energy es de 40 A	2	Reg., Carga
e)	Selección del Inversor	Para este cálculo tomaremos la potencia total instalada de (Watts). los inversores de onda sinodal pura y de alto rendimiento han sido diseñados para ofrecer la máxima eficacia, Phoenix-24VCD-5000W-220VCA.	IMV	$IMV = Wti \geq Potencia$ Catalogo R $Wti = potencia$ Instalada del cuadro de cargas	2	Cc . A Ca

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Calculo y selección de conductores eléctricos.

E) CALCULO Y SELECCIÓN DE CONDUCTOR						
a)	Resistencia de un conductor	R = Resistencia en ohmios L = Longitud en metros S = Sección del conductor en mm $\sigma$ = Conductividad (inversa de la resistividad)	V	$R = (RT * \frac{L}{\sigma S})$		$\leq 3\%$
b)	Caída Tensión, Panel Fotovoltaico y Regulador	caída de tensión $\Delta V \leq 3\%$ . En el catálogo de fabricante (Hispania Solar) seleccionamos el panel poli cristalino tipo SMP 280 -24V; con una potencia Max (w): 280 W. → In panel = 11.6 A Impp = 7,78 Amperios Vmpp = 36 voltios	In	Según la" Dirección General de Electricidad con Resolución Directoral N.º 030 – 2005 EM/DGE. Las secciones le corresponden es de 5.5. mm <sup>2</sup> POR LO TANTO: Seleccionamos el cable: TOP SOLAR PV ZZ-F (AS) 2x 6 [ mm ] <sup>2</sup> x cada regulador hacia el panel fotovoltaico	14.5	(A)
c)	Caída de Tensión	K=2 (monofásico), L= 5 m $\rho$ = resistividad del conductor = 0,0175 $\Omega$ - [ mm ] <sup>2</sup> /m	$\Delta V$	$\Delta v = Kx : (Ino * \rho \frac{L}{S})$  $\Delta V \leq 3\%$ .	1.946	Volt.
d)	Conductor entre Batería y Regulador	Entrada = 5.1 + 5.1 = 10,2 Salida = 5.1 Batería = Entrada (# de baterías por corriente de entrada)	In	Según la tabla 4-V del C.N.E.- Tomo V	145.31	(A)

Fuente: Elaboración propia

e)	Conductor entre Regulador y el Inversor	$\Sigma I$ . entrada regulador = $\Sigma I$ . salida inversor In del inversor por 25% # baterías por factor (2.36)	In	$\Sigma \text{Entrada} = \Sigma \text{Salida}$  Según la tabla 4-V del C.N.E.- Tomo V	7.55	(A)
f)	Conductor entre Inversor y la carga	$I_{-}$ (salida del inversor) = 10.2 A $I_{nom} = 1,25 I_{-}$ (entrada del inversor) = tensión reguladora * 25%	In	Según la tabla 4-V C.N.E.- Tomo V Según la " Dirección General de Electricidad con Resolución Directoral N.º 030 – 2005 EM/DGE, las secciones del conductor que corresponden son de $4 \llbracket \text{mm} \rrbracket ^2$ .	18.13	(A)
g)	Interruptor general	1. Cálculo de la corriente nominal (In) 2. Corriente de diseño (I diseño): la corriente podrá aumentar por reserva hasta un 12%: 3. El conductor según normas debe trabajar al 25% de su capacidad: 4. Para la selección del Interruptor General Automático (IGA) usamos catálogo de fabricante: 5. El Conductor de Acometida seleccionado de tablas de catálogo de fabricante será:	In	$I_n = \frac{D.M}{k \times V \times \cos \theta}$ $I_{diseño} = I_n \times 1.12$ $I_{Conductor} = I_{diseño} \times 1.25$ $I_d < I_t < I_c$	29.5	(A)

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.6 Puesta a Tierra del Sistema Fotovoltaico.**

Todos los equipos mecánicos y eléctricos principales se conectarán a la puesta a tierra con cable de cobre aislado de color verde de 6 AWG (16 mm<sup>2</sup>). Para la conexión de puesta a tierra de estructuras y derivaciones se utilizará conductor de cobre aislado de color verde de 2 AWG (35 mm<sup>2</sup>).

“Equipos aislados, están retirados al sistema, de pozo a tierra y estarán de forma, interconectados con conductor de cobre desnudo trenzado de temple blando de 2 AWG (35 mm<sup>2</sup>).

“La resistividad que tenga el sistema de equipotencialidad, será conectada y distribuida en el tablero de distribución no deberá ser superior a 25 ohmios. Según CNE”.

El pozo de puesta a tierra estará conformado por un electrodo (varilla) de cobre de (5/8”) de diámetro y de 2.4 m de longitud mínima, cajas de registro de concreto con tapa para permitir el acceso a las conexiones. La conexión a los electrodos se realizará con conectores atornillados del tipo varilla – cable.

#### 4.5. Evaluación económica del proyecto usando indicadores como el Van y el TIR.

##### 4.5.1 Estimación de Costo Producción de papa por Hectárea.

Según la producción del ministerio de agricultura, el rendimiento de producción de papa por hectárea varia en promedio entre 15 y 22 toneladas por hectárea, según Gutiérrez, la producción de papa en Cajamarca se estima un promedio de 16 toneladas de para nativa producida por hectárea en un año.

Según estos datos calculamos la producción y la rentabilidad del proyecto.

Sembrado, Producción	Egresos para cultivo	Ganancia x año
18 ton / Hectárea x 2 hectáreas de sembrado = 36 Toneladas	Descontamos los Egresos sembrado y cultivo como, Mano de obra, Fertilización, Fumigado otros, Esto gastos son equivalente a 30 % de costo de producción. Seria (8,640 soles)	Por consiguiente, obteneos un ingreso de ganancia de 18.950 nuevos soles, por año.
(precio por mayor para comercio). = 28,800 soles.	Además de un 6 % del costo total para cosecha = 1,209.	

##### 4.5.2 Método de cálculo para en VAN y TIR

Fórmula VAN o Valor Actual Neto, (tasa mínima 12%)

$$VAN = I_0 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{Fci}{(1+r)^i} \right) + \dots$$

- **n** : vida útil (año).
- **i** : año de operación.
- **R** : tasa de descuento (COK) %.
- **FC** : flujo de caja.
- **IO** : es el valor del desembolso inicial de la inversión.

Fórmula TIR o Tasa Interna de Retorno, (límite de la rentabilidad)

$$0 = I_0 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{Fci}{(1+TIR)^i} \right) + \dots$$

Tabla 15. Metrados y Sumisito de Materiales para el proyecto.

Nombres y Apellidos	Silva Briones Gabriel		Documento:	1		
Nombre de la Empresa	Fundo san José		REV:	0		
Proyecto	Sistemas de Bombeo Fotovoltaico				2020	
SUMINISTRO DE MATERIALES , METRADOS UNITARIOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	MODELO - MARCA	UNIDAD	Cantidad	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1	Electrobomba 3.5 HP , (cpm 680C)	Pedrollo	und	1	S/ 980.00	S/ 980.00
2	Tuberías PVC-Sap Ø 2"	Plástica	und	4	S/ 13.20	S/ 52.80
3	Tuberías PVC-Sap Ø 1 1/2"	Plástica	und	45	S/ 7.60	S/ 342.00
4	Accesorios de Instalación PVC-Sap Ø 2"	Plástica	PAG.	10	S/ 9.60	S/ 96.00
5	Accesorios de Instalación PVC-Sap Ø 1 1/2"	Plástica	PAG.	30	S/ 6.30	S/ 189.00
6	tuberías Conduit IMC, Ø 3/4" x 3m	conduit	und	10	S/ 18.50	S/ 185.00
7	Panel fotovoltaico , SK6612P 335W-24VCD 72 CELDAS, 13.9 A	DAA.solar	und	3	S/ 720.00	S/ 2,160.00
8	Regulador de carga , Energy es de 40 A	Victron	und	2	S/ 880.00	S/ 1,760.00
9	Inversor , 24VCD-5000W-220VCA	Pohenix	und	2	S/ 620.00	S/ 1,240.00
10	Batería	Tecna	und	14	S/ 430.00	S/ 6,020.00
11	Conductores eléctricos	Indeco	Met.	100	S/ 2.20	S/ 220.00
12	Tablero eléctrico	B-ticino	und	1	S/ 90.00	S/ 90.00
13	Interruptores termo magnéticos	B-ticino	und	1	S/ 45.00	S/ 45.00
14	Interruptor diferencial	B-ticino	und	1	S/ 90.00	S/ 90.00
15	Sistema puesta tierra	Graudind	PAG.	1	S/ 500.00	S/ 500.00
16	Geomenbrana	HdPe	m2	236	S/ 14.30	S/ 3,374.80
17	Cerco Perimétrico	otros	PAG.	1	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00
18	Cemento Porlant. Tipo 1	Pacasmayo	Bol.	10	S/ 22.50	S/ 225.00
19	Acero corrugado Ø 1/2"	Sider peru	und	5	S/ 28.00	S/ 140.00
20	Alambre de amarre # 16	Sider Perú	Kg.	5	S/ 5.00	S/ 25.00
21	Tuberías PVC-Sap Ø 6"	Plástica	Met.	10	S/ 6.50	S/ 65.00
	COSTO TOTAL					S/ 18,999.60

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 16. Costo Mano de Obra Por Partidas.

Sala Eléctrica		Sistemas de Bombeo Fotovoltaico				
COSTO MANO DE OBRA POR PARTIDAS						
PARTIDA	ACTIVIDAD	UNIDA D	METRA DOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	PARCIAL TOTAL
1	Excavación de reservorio rectangular					
1.1	excavación y nivelación para reservorio con retroexcavadora	Horas	16	S/ 90.00	S/ 1,440.00	S/3,402.80
1.2	Compactación de suelos y Talud	und	1	S/ 600.00	S/ 600.00	
1.3	Instalación de Geomenbrana para reservorio	m2	236	S/ 4.80	S/ 1,132.80	
1.4	Montaje e Instalación de soportes y cerco perimétrico	und	1	S/ 230.00	S/ 230.00	
2	Montaje e instalación de electrobomba y accesorios					
2.1	Montaje e Instalación de tuberías Conduit IMC, Ø 3/4" x 3m	ml	23	S/ 6.30	S/ 144.90	S/ 1,127.40
2.2	Montaje e Instalación de tuberías PVC, Ø 1 1/2"	ml	45	S/ 6.20	S/ 279.00	
2.3	Montaje e Instalación de tuberías PVC, Ø 2"	ml	45	S/ 8.30	S/ 373.50	
2.4	Montaje e instalación de electrobomba y accesorios	und	4	S/ 20.00	S/ 80.00	
2.5	Montaje e Instalación de tablero eléctrico y arrancador	und	1	S/ 250.00	S/ 250.00	
COSTO TOTAL SIN UTILIDAD						<b>S/4,530.20</b>

Fuente. Elaboración Propia.



Tabla 17. Costo Total inversión del Proyecto

Nombres y Apellidos		Silva Briones Gabriel		Documento:	1
Nombre de la Empresa		Fundo san José		REV.:	0
Proyecto		Sistemas de Bombeo Fotovoltaico			
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN			COSTO POR PARTIDAS	PARCIAL TOTAL
1	Suministro de Materiales			S/ 18,999.60	S/ 23,829.80
2	Costo Mano de Obra y Ejecución			S/ 4,530.20	S/ 4,830.20
3	gastos por transporte			S/ 200.00	
4	Gastos generales			S/ 100.00	
5	Utilidad			6%	S/ 289.81
6	IGV.			18%	S/ 4,289.36
TOTAL, COSTO DE INVERSIÓN				S/ 33,239.18	

Fuente. Elaboración Propia.

#### 4.5.3 Cálculo del VAN y EL TIR.

Tabla 18. Cálculo del TIR y el VAN.

CÁLCULO del VAN y la TIR									
1	Datos para el análisis						3	información	
		importe							
	Inversión	33,239							Total, capital de inversión
			AÑOS						
		inversión	1	2	3	4	5		
	Flujo de caja (neto anual)	-33,239	18,900	19,600	21,200				Porcentaje anual de retorno
2	Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.								
		%							tasa porcentual
	Tasa de descuento	12 %							La tasa de descuento
									Análisis de Resultado
									Cálculo de la VAN:
									1º Se aplica la función VAN: Valor Neto "Actualizado"
									- TASA: 12 %
									- Valor1: 3 años
									2º Se le resta la inversión:
									Si la inversión está en negativo es 33,239
									Análisis de Resultado
									Cálculo de la TIR:
									1º El importe de la inversión debe incluirse en NEGATIVO en el rango de los Flujos de caja (1er lugar).
									Es importante que dicha primera cifra esté en negativo o dará error.
									2º Se aplica la función TIR en todo el rango.
									En algunos casos pueden aparecer valores sin sentido económico.
	V.A.N a tres años	14,350	Valor positivo, inversión (en principio) factible						
	T.I.R a cinco años	35.29%	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible						

Fuente: Elaboración Propia.

## **V. DISCUSIÓN**

Para esta discusión comenzamos recapitulando la problemática de estudio, donde enfatizamos la falta de energía eléctrica en las zonas rurales, por ser remotas al suministro de la red de energía eléctrica pública.

Interpretamos los principales hallazgos de los resultados, enfocado en el objetivo de estudio donde fue calcular la demanda de agua el fundo san José, y el sistema de bombeo fotovoltaico para alimentar de energía eléctrica a la bomba y a sus consumos básicos del fundo san José.

Discutimos la validez de los resultados obtenidos se basa en la metodología de cálculo, donde empleamos diferentes tipos de ecuaciones básicas para la obtención de los resultados que nos planteamos como objetivos específicos, la importancia de los resultados obtenidos es que satisfacen cada propuesta planteada con los técnicas e instrumentos utilizados.

Discutimos los resultados obtenidos en función a la hipótesis planteada, “Es factible diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico que abastecerá la demanda hídrica al fundo San José ubicado en la provincia de Cajamarca”, si es factible, y lo resultados son confiables, por que cumplen con los requisitos del filtro, primero es viable y posible ejecutarlo, dentro de su evaluación técnica y económica, y es aceptable dentro de los términos de un proyecto.

Las limitaciones encontradas para la obtención de resultados, podemos decir la poca accesibilidad al portal del SENAMHI, donde la información es de tipo exclusiva y la que muestra está desfasada al tiempo real, también la poca accesibilidad al terreno de estudio, por encontrarnos en tiempos de pandemia, otras limitaciones encontradas son, el poco conocimiento sobre el sector agrario y de estudio civil, ya que por tratarse de cálculos de demanda hídrica y de cálculos de estudio de suelos, esto correspondería a desarrollar otras disciplina o especialidad de profesionales.

Discutimos y contrastamos, su objetividad de la obtención de resultados, para analizarlo de manera independiente el por qué sale así, para ello vemos los resultados de ( Lamana Villegas , 2018), España. Quien Diseña un sistema integrado que, hacia funcionar un sistema de bombeo a potencia elevada, con una instalación solar fotovoltaica en el puerto de Catarrosa, desarrollo toda una infraestructura con finalidad de reutilizar las aguas deputadas por la planta de pinedo (Valencia) y (Tarragona, Cataluña)".

También Los resultados que obtuvo (Guiqiang Li, y otros, 2017), en china, quienes investigaron el comportamiento del agua en un sistema de bombeo a realimentación fotovoltaica, aumentando su producción de cultivos por unidad de área para la creciente población, Por lo tanto, se requieren enfoques sostenibles que garantizar la seguridad alimentaria y la seguridad energética.

Uno de los enfoques de desarrollo sostenible, es la energía solar fotovoltaica y el Sistema de bombeo de agua para zonas rurales donde el objetivo es mejorar la productividad y sus estilo de vida de las personas que habitan estos fundos lejanos.

## VI. CONCLUSIONES

- Con el diseño de este sistema de bombeo fotovoltaico abastecemos de agua al fundo san José para riego de sus dos parcelas más, cultivables y también para el pastizal de su ganado, así mejorando su calidad de vida y de desarrollo en cuanto a cultivos de papa andina.
- Para el Primer Objetivo, Se determinó la máxima demanda de agua que necesita para el fundo, donde obtuvimos un volumen de agua en m<sup>3</sup> por hectárea,  $(V_{ha}) = 32.46 \text{ (m}^3\text{)}$ , para ello se realizó el procediendo de medición por surcos y por tiempo de riego, utilizado por cada hectárea, y sumamos las dos hectáreas obtenemos  $(V_{ha}) = 32.46 * 2 = 64.9 \text{ (m}^3\text{)}$ , más el factor de uso para pagado y uso domésticos es un **35%**,  $(V_{de\ agua} * 2ha) = 65 * 1.35 = 87.75 \text{ (m}^3\text{)}$ , volumen total de agua utilizar.
- Para el segundo objetivo, Se Determinó el diseño y tipo de reservorio, y sus características de construcción como revestido en Geomembrana, donde se determinó el dimensionamiento en función a la cantidad de agua a almacenar, así determinamos el volumen total de diseño que es **90 (m<sup>3</sup>)**, este reservorio será de tipo trapezoidal con las siguientes dimensiones: **fondo 6 x 4 m, superior 8 x 6 m, altura de 2.5 m, talud de 1m.**
- En el tercero objetivo, Calculamos los elementos electromecánicos, como es la electrobomba y sus propiedades de funcionamiento, Aquí calculamos el caudal de entrada y un caudal de salida, según los datos de embalse del alimentador de represamiento; por cuanto la electrobomba será de **(2.6 KW)** o **(3.5 HP)**, modelo CP680, con un consumo de corriente de **26.5 A**, tendrá un diámetro de succión de **50.8 mm (2")**, y una descarga con diámetro de **38.1 mm. (1 1/2")**, y un caudal de entrega **de 22 (m<sup>3</sup>/h)**.

- Para el cuarto objetivo, Calculamos la máxima demanda de energía fotovoltaica a utilizar para el fundo, para esto calculamos la potencia instalada que es de **10.89 (KW)**, y la máxima demanda que es de **24.93(KW/H)**, y para este consumo se determinó **4 paneles** solares tipo poli cristalino, modelo SK6612P 335W, 24Vdc, 72 de Celdas, 13 A, También se determinó **14 baterías** de 300 Ah, **2 Reguladores** de carga de 40 A, **2 Inversores** de 5000W, y un **interruptor** general de **30 A**.
- Y como último objetivo, evaluamos económicamente el proyecto usando indicadores como el Van y el TIR, para ello comenzamos estimando los **costos de inversión** del proyecto que asciende a los **33,239.18 soles**, como costo total para la ejecución total del proyecto, y también estimando los **costos de producción** por las dos hectáreas y tenemos un ingreso de **18.900** soles el primer año, **19.600** soles el segundo año, **21,200** el tercer año, según estos gastos son netos por año, y determinamos la **tasa** de descuento al **12 %**, y calculamos un **VAN** de retorno por año de **14.350 soles**, con valor positivo, y un **TIR** también en 3 años de **35,29 %**, como análisis de resultado en principio tanto en VAN, como el TIR son factible y es aceptable la ejecución de esta propuesta.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

- De acuerdo a los principales hallazgos, como objeto de estudio se recomienda iniciar nuevos enfoques de investigación relacionados a represamiento de agua para zonas rurales.
- También de explorar y cuantificar los acuíferos o puquios por parte de las autoridades competentes, y medir su caudal de flujo y represarlo, así reaprovechar mejor el elemento hídrico.
- Se recomienda a futuros estudiantes de las carreras de ingeniería civil, a complementar este tipo de investigación en la parte de diseño de reservorios con geomembrana en suelos inestables o de relleno, además de los cálculos estructurales.
- También se recomienda a especialistas en agronomía, a publicar la cantidad de agua consumida por riego de inundación en suelos de abrasión para la zona de la serranía, ya se cuenta con poca información publicada sobre la cantidad de agua que consumen los riegos por surcos en suelos pedregosos.

## REFERENCIAS

1. Chandel , S., Nagaraju Naik, N., & Rahul Chandel. (2015). *Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies*. Hamirpur, Himachal Pradesh, India, Solar Photovoltaic Engineering Division, INDIA. doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083
2. González Valencia, A. (2014). *Medicion de Caudal*. Universidad de Medellin. Medellin , COLOMBIA: Corantioquia.
3. Lamana Villegas , M. (2018). *INSTALACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA RIEGO DE TERRENO CULTIVABLE*. Cataluña -España: Universitat de Lleida.
4. Aleaga Del Salto, L. (2015). *EL AGUA DE RIEGO Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD*. Tesis, Universidad Tecnica de Ambato, Ing. Civil, Cotapaxi - ECUADOR.
5. Andre de Oliveira, F., Alaam Ubaira, B., & Negrao Macedo, W. (2020). *Modeling, control and simulation of a small photovoltaic-wind water pumping system without battery bank*. Articulo cientifico, Universiddad Federal do Pará, Informatica e Ing. Electrica, Brasil. doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106619
6. APQA. (2019). *Asocioacionde Empresas renobables*. ESPAÑA.
7. Benghanem, M., Daffallah, K., Alamri, S., & Joraid, A. (2014). *Effect of pumping head on solar water pumping system*. Taibah University,, Physics Department, Faculty of Science, ARABIA SAUDITA. doi.org/10.1016/j.enconman.2013.09.043
8. Campana, P., Li, H., Zhang, J., Zhang, R., Liu, J., & Yan, J. (2015). *Economic optimization of photovoltaic water pumping systems for irrigation*. Hohhot, China, School of Business, Society & Engineering, CHINA. doi:doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.066
9. Chand Sontake, V., & Vilas R, K. (2016). *Solar photovoltaic water pumping system*. Visvesvaraya National Institute of Technolog, Department of Mechanical Engineering, INDIA. doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.021
10. Chao Zhou, L., Jili Zhang, Jianquan Chen, & Ahmad Riaz. (Febrero de 2020). *Characteristics analysis of the photovoltaic thermal heat pump system*. Dalian University of Technology, Renewable Energy , CHINA. doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.045



11. Elia Campana , P., Hailong Li , & Jinyue Yan. (2013). *Dynamic modelling of a PV pumping system with special consideration on water demand*. Mälardalen University, Real Instituto de Tecnología, SUECIA. doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.12.073
12. Gholamreza Ahmadi, Davood Toghraie, & Omid Ali Akbari. (2017). *Solar parallel feed water heating repowering of a steam power plant*. Islamic Azad University, Department of Mechanical Engineering, IRAN. doi:dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.019
13. Gil Tomás, A. (2018). *DISEÑO INTEGRADO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN BOMBEO DE AGUA DE GRAN POTENCIA CON UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL PUERTO DE CATARROJA*. Valencia - España: Universidad Politecnica de Valencia .
14. Guiqiang Li, Yi Jin, Akram, M., & Xiao Chen. (2017). *Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system*. scientific article, University of Science and Technology of China, Renewable and Sustainable Energy Reviews, CHINA. doi:doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.055
15. Imene Yahyaoui, Ahmad Atieh , Alvaro Serna, & Fernando Tadeo. (2017). *Sensitivity analysis for photovoltaic water pumping systems: Energetic and economic studies*. University of Valladolid, Spain, Industrial Engineering School, ESPAÑA. doi:doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.096
16. IRENA. (2019). *International Renewable Energy Agency*. ESPAÑA: RENEWABLE ENERGY.
17. ITC, L. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energetica*. LIBRO, Gobierno de Canarias, Instituto Tecnológico de Canarias.
18. Ksentini, A., & Azzag, B. (Marzo de 2019). *Improvement and optimization of an photovoltaic pumping system*. Universidad Badji Mokhtar de Annaba, Laboratoire Electrotechnique, FRANCIA. doi.org/10.1002/jnm.2547
19. Landaeta Chinchilla, L. R., & Suarez Sierra, M. A. (2017). *ACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES HÍBRIDAS DE GENERACIÓN PARA SISTEMAS DE BOMBEO EN ZONAS RURALES NO INTERCONECTADAS*. Caldas - Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
20. Mercedes Burquillo, C., & Del rio Gonzalez, P. (2018). *energías Renovables en el Mundo*. Dialnet.

21. Merida García, A., Fernandez García, I., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P., & Rodríguez Díaz, J. (2017). *Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system*. University of Cordob, Department of Agronomy. ESPAÑA: 2017 Elsevier. doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.093
22. Mustapha Errouha, Aziz Derouich, Babak Nahid-Mobarakeh, Saad Motahhir, & Abdelaziz El Ghzizal. (2019). *Improvement control of photovoltaic based water pumping system without energy storage*. article scientifique, University of Lorraine, Laboratory of Production Engineering, FRANCIA. doi.org/10.1016/j.solener.2019.08.024
23. Norma-EM.010. (2012). *Instalaciones Eléctricas Y Mecánicas*. Norma, Reglamento Nacional de Edificacion, Mnistrios de Vivienda Y Construcccion, Lima - Perú.
24. Olcan, C. (2015). *Multi-objective analytical model for optimal sizing of stand-alone photovoltaic water pumping systems*. Istanbul Technical University, Macka, 34367 Istanbul, Turkey, Department of Industrial Engineering, Faculty of Managemen. TURQUIA: ELSEVIER. doi.org/10.1016/j.enconman.2015.05.018
25. Orbegoso, C., & Arivilca , R. (2010). *Energia Solar Fotovoltaica*. Italia: Green energy Consultoria y Servicios.
26. Osinergmin. (2017). *Electricidad en el Perú*. lima - Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
27. Osinergmin. (2019). *Energía renovables*. Energia y Minas. Lima - Perú: Printed in Peru.
28. Perpiñan Lamigueiro, O., Colmen Santos, A., & Casto Gil, A. (2012). *Diseño de Sitemas Fotovoltaicos*. España: Printed in Spain.
29. Revista, E. (2016). *Cledas fotovoltaicas*. España.
30. Roberto Vale, L., A. Melende, T., Cristina Fedrizzi, M., Zilles , R., & Albemerc M. de Moraes. (2016). *Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil*. Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente, BRASIL. doi:doi.org/10.1016/j.seta.2016.03.003
31. SENAMHI. (2013). *Atlas de Energia Solar del Peru*. Ministerio de Energia y Minas, Lima. Lima - Perú: Direccion General de Investigaciones y Asuntos Ambientales.

32. SENCICO. (2013). *Instalacion de Sistemas Fotovoltaicos*. Lima - Perú: Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ.
33. SundFields. (2019). *Paneles Solares*. España: SunFields Europe. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/>
34. Yi jin, L., Akram, M., & Chen, X. (2017). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. University of Science and Technology of China. China: elsevier. doi:org/10.1016/j.rser.2017.05.055
35. Zhang, J., Li, H., & Liu, J. (2015). *Economic optimization of photovoltaic water pumping systems*. China: ELSILVER.
36. ZHANYI GAO, & JING LIU. (2016). *Application of Photovoltaic Pumping Technology for Growing Paddy Rice in China*. Hohai University, Nanjing, China, College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, CHINA. doi.org/10.1002/ird.2003

## ANEXOS.

- Matriz Operacionalización de variables.

Tabla 19. Matriz Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente. Sistema de bombeo Fotovoltaico</b>	Es un conjunto de elementos y equipos que aprovecha la radiación solar para elevar la presión del agua, con el objetivo de elevarlo de nivel. <b>(Orbegoso, y otros, 2010)</b>	Es un sistema para suministrar con agua al fundo San Luis, para el cultivo de diversos productos.	Potencia Instalada Máxima Demanda Potencia Corriente	(KW) (KW/H) KW (hp) A
<b>Variable Dependiente. Demanda Hídrica</b>	Es la cantidad de agua que se necesita abastecer para satisfacer una necesidad. <b>(Orbegoso, y otros, 2010)</b>	Es la cantidad de agua usada en el fundo San Luis para la producción de diversos productos agrícolas.	Caudal Volumen caudal de entrega Presión	Q m3 (m3/h). N/m <sup>2</sup>

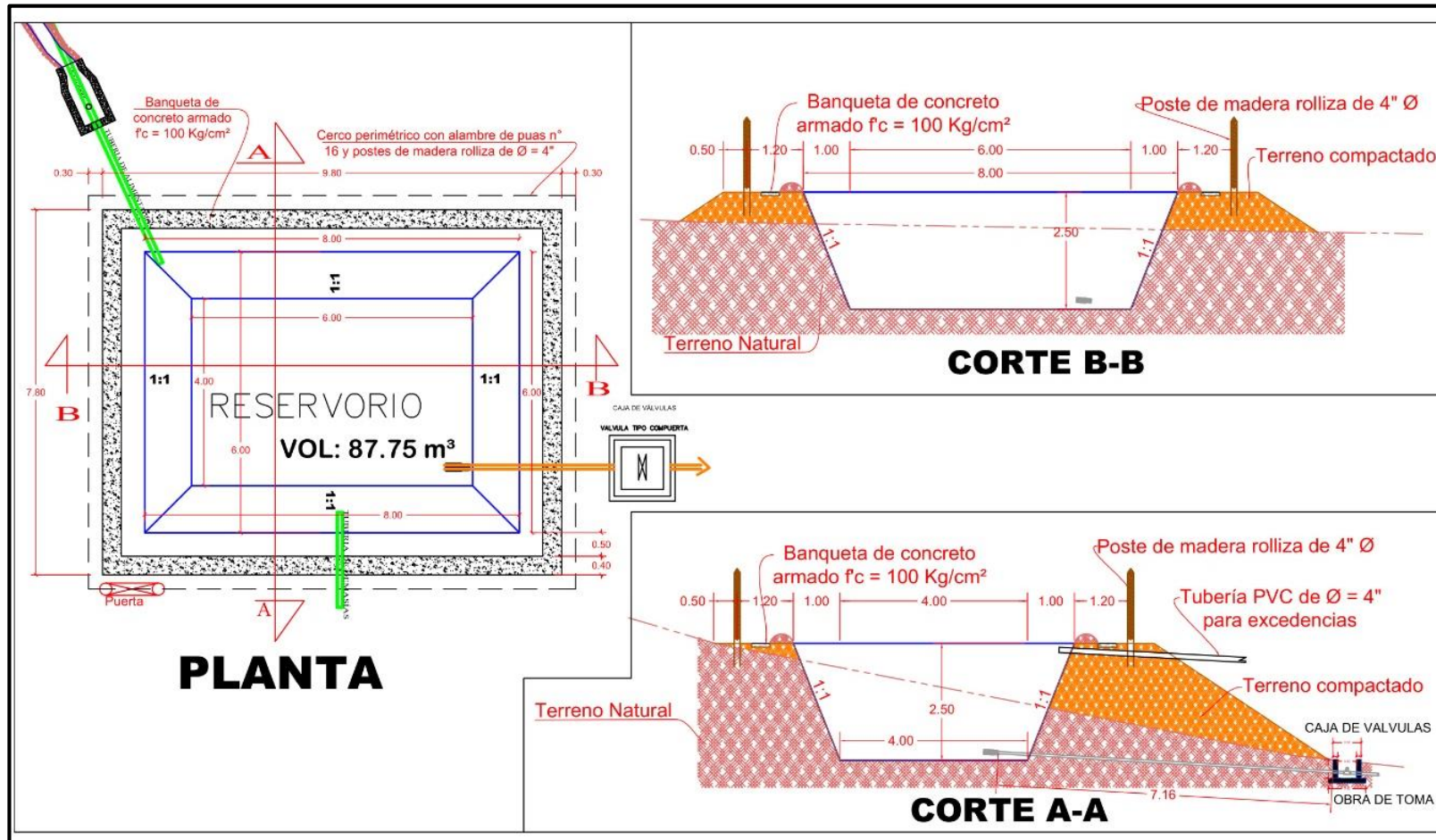
Fuente: Elaboración Propia.

**a) Ficha de Revisión documentaria.**

- Planos y detalles de sistema de bombeo

- a) Detalle para constructivo para el reservorio

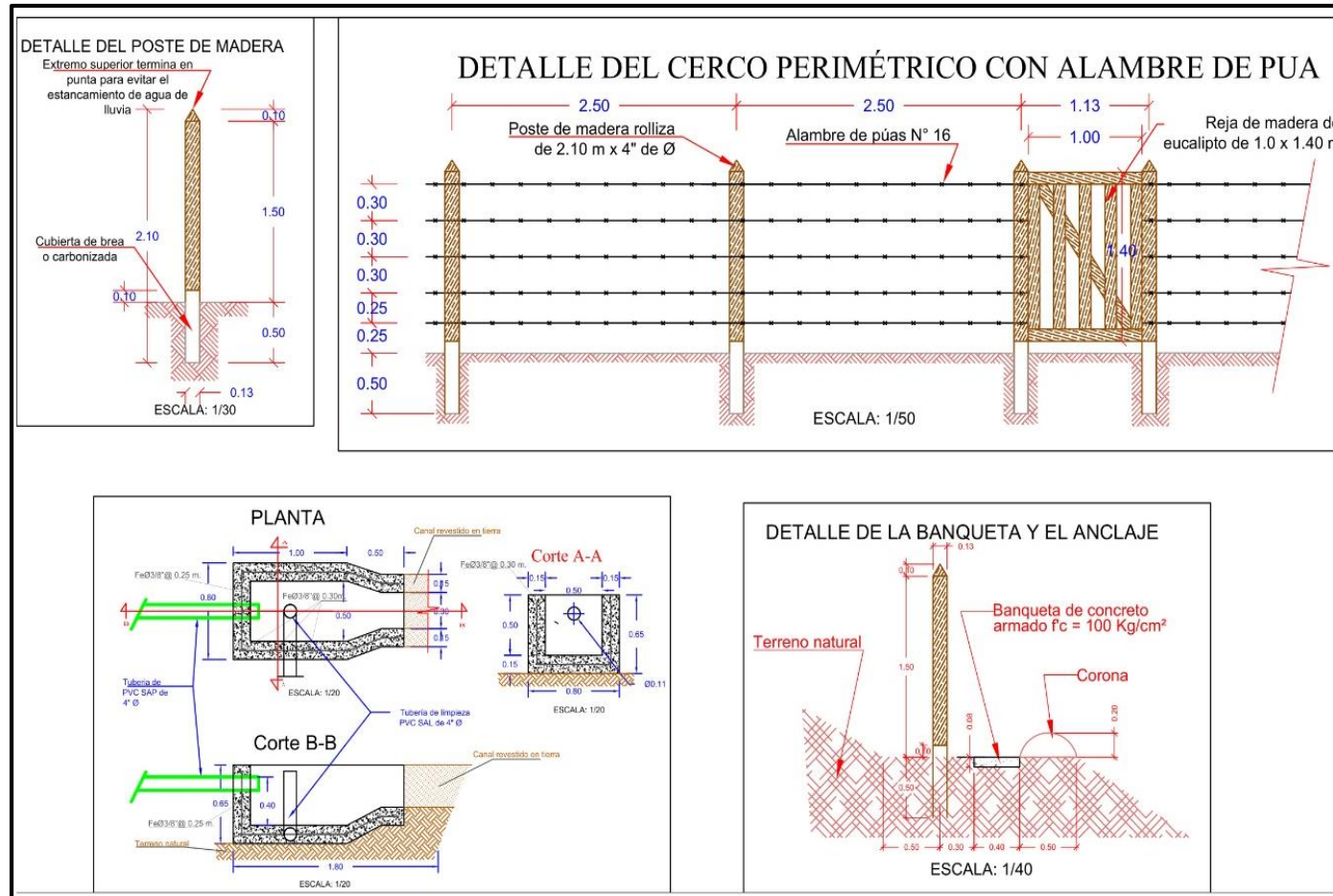
Figura. 17. Detalle para construcción del reservorio.



Fuente: Elaboración Propia

b) Detalle para construcción del cerco perimétrico del reservorio.

Figura. 18. Detalle para construcción del cerco perimétrico.



Fuente: Elaboración Propia

**c) Detalle de cálculo por pérdidas de succión para la electrobomba**

Tabla 20. Calculo de pérdidas de succión para la bomba

PERDIDAS LOCALES EN LA SUCCIÓN						
Ø (in)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocida d (m/s)	ACCESORIO	CANTIDA D	K	ΣhL1
2	0.00216	3.11236	Codo de 90° radio normal con bridas	1	0.75	0.37028899 9
2	0.00216	1.69000	Válvula de esfera abierta	1	10	1.45570846 1
2	0.00216	1.69000	Válvula de pie	0	2.5	0
2	0.00216	1.69000	0	0	0	0
RESULTADO TOTAL DE LAS PERDIDAS EN LA SUCCION						Σ=1.826 (m)

Fuente: Elaboración Propia

**d) Detalle de cálculo por pérdidas de descarga para la electrobomba**

Tabla 21. Cálculo de pérdidas de descarga para la bomba

PERDIDAS LOCALES EN LA DESCARGA						
Ø (in)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	ACCESORIO	CANTIDAD	K	ΣhL1
1.5	0.00132	3.11236	Codo de 90° radio normal con bridas	2	0.75	0.740577997
1.5	0.00132	1.69000	Codo de 45° radio grande con bridas	1	0.35	0.050949796
1.5	0.00132	1.69000	Válvula de esfera abierta	1	10	1.455708461
1.5	0.00132	1.69000	0	1	0	0
0	0.00000	1.69000	0	4	0	0
0	0.00000	1.69000	0	0	1.5	0
0	0.00000	1.69000	0	0	0	0
RESULTADO TOTAL DE LAS PERDIDAS EN LA DESCARGA						Σ=1.57 (m)

Fuente: Elaboración Propia



**e) Pérdidas por Fricción en la Succión.**

Tabla 22.Cálculo de pérdidas por fricción en la succión de para la bomba

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA SUCCIÓN							
Ø	Área	Velocidad	Longitud	Nº Reynolds	Rugosidad Relativa D/ε	f	hf
2	0.002163105	1.69	1	147702.988	34986.66667	0.026	0.129523684
0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL, PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA SUCCIÓN							Σ=0.13 (m)

Fuente: Elaboración Propia

**f) Pérdidas por Fricción en la Descarga.**

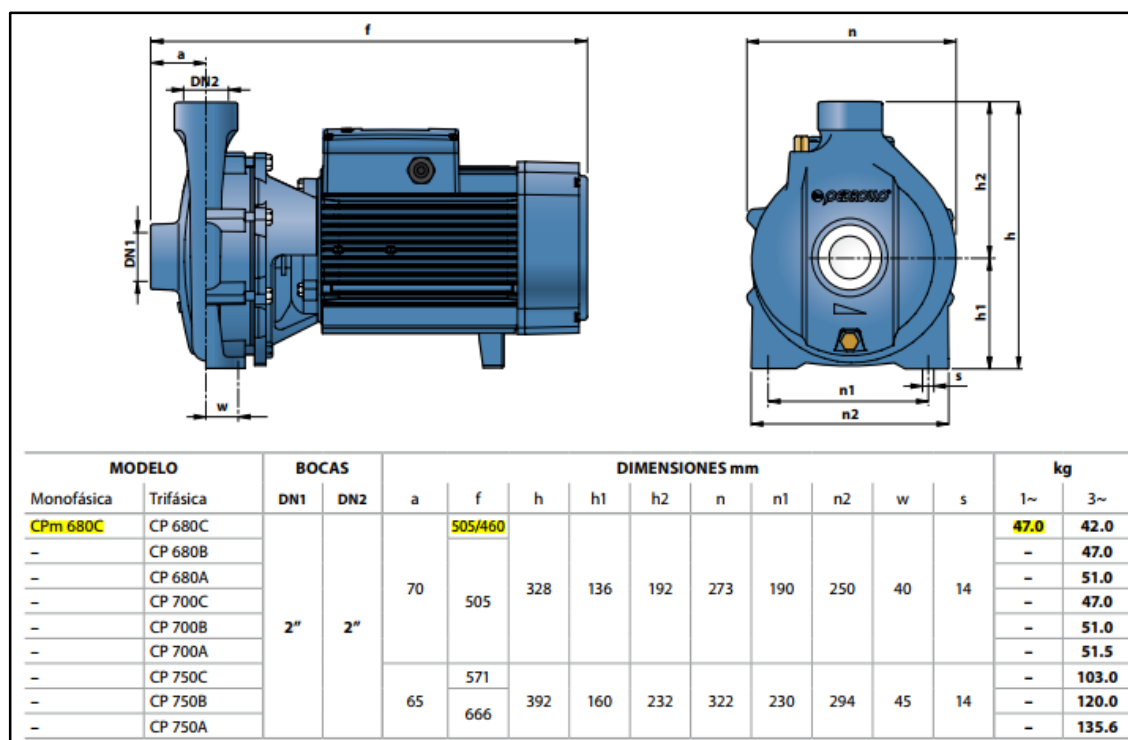
Tabla 23.Cálculo de pérdidas por fricción en la descarga de para la bomba

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA DESCARGA							
Ø	Área	Velocidad	Longitud	Nº Reynolds	Rugosidad Relativa ε/D	f	hf
1.5	0.001316393	1.69	120	189336.903	27293.33333	0.26	51.57682959
0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL, PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA DESCARGA							Σ=51.58 (m)

Fuente: Elaboración Propia

### g) Características de la bomba.

Figura. 19. Grafica de dimensiones y modelo de la bomba.



Fuente: Pedrollo

Figura. 20. Consumo eléctrico de la bomba.

PALETIZADO									
MODELO		PARA GRUPAJE				PARA CONTAINER			
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	1~	3~	n° bombas	H (mm)	1~	3~
<b>CPm 680C</b>	CP 680C	<b>12/18</b>	<b>1430</b>	<b>581</b>	<b>773</b>	<b>16/24</b>	<b>1860</b>	<b>769</b>	<b>1025</b>
-	CP 680B	<b>12</b>	1430	-	581	<b>16</b>	1860	-	769
-	CP 680A	<b>12</b>	1430	-	629	<b>16</b>	1860	-	833
-	CP 700C	<b>12</b>	1430	-	581	<b>16</b>	1860	-	769
-	CP 700B	<b>12</b>	1430	-	629	<b>16</b>	1860	-	833
-	CP 700A	<b>12</b>	1430	-	635	<b>16</b>	1860	-	841
-	CP 750C	<b>6</b>	1180	-	635	-	-	-	-
-	CP 750B	<b>6</b>	1180	-	737	-	-	-	-
-	CP 750A	<b>6</b>	1180	-	831	-	-	-	-

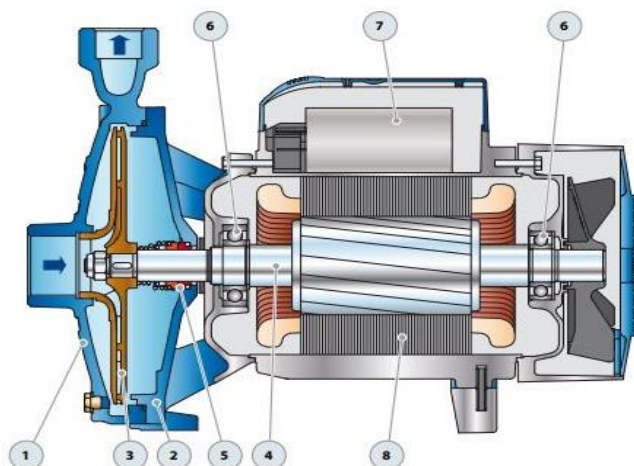
  

CONSUMO EN AMPERIOS		
MODELO	TENSION (monofásica)	
Monofásica	220 V	
<b>CPm 680C</b>	<b>26.5 A</b>	

Fuente: Pedrollo

**Figura. 21. Partes de una bomba y motor eléctrico.**

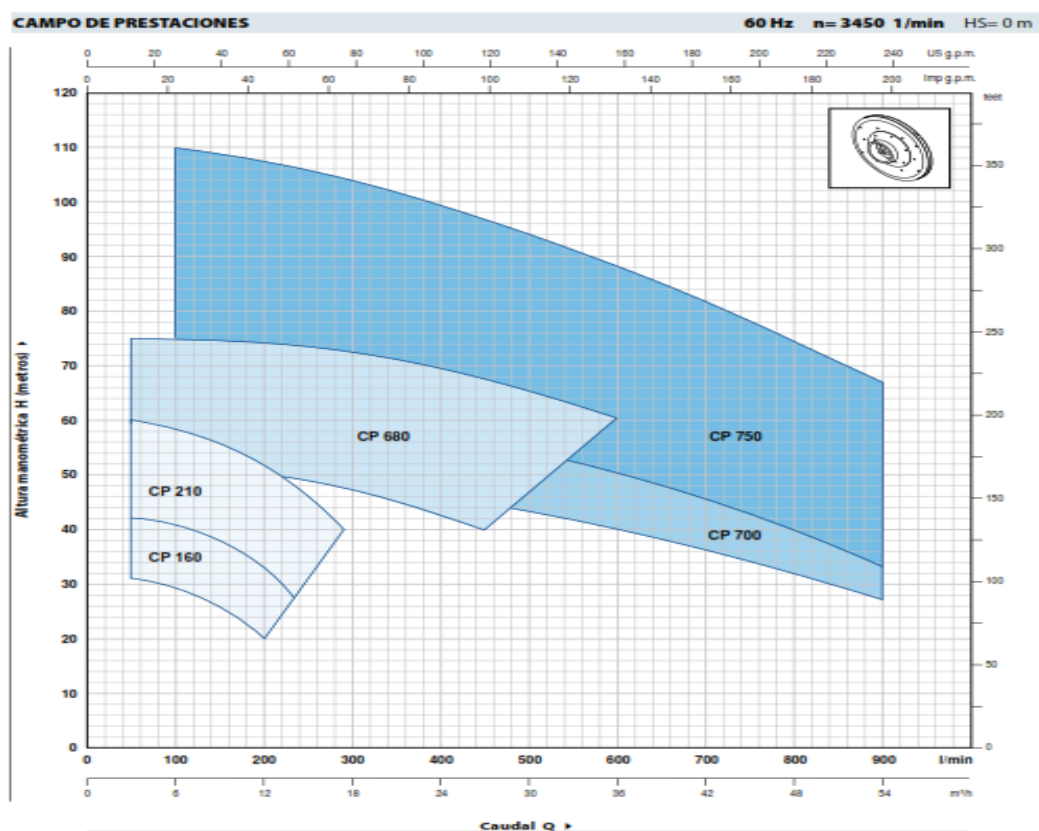
- CO** CPM: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado (hasta 1.5 kW).  
 CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.  
 ➔ Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30)  
 - Aislamiento: clase F.  
 - Protección: IP X4.



Fuente: Pedrollo.

**h) Grafica de rendimiento caudal entregado (Q) en función de altura**

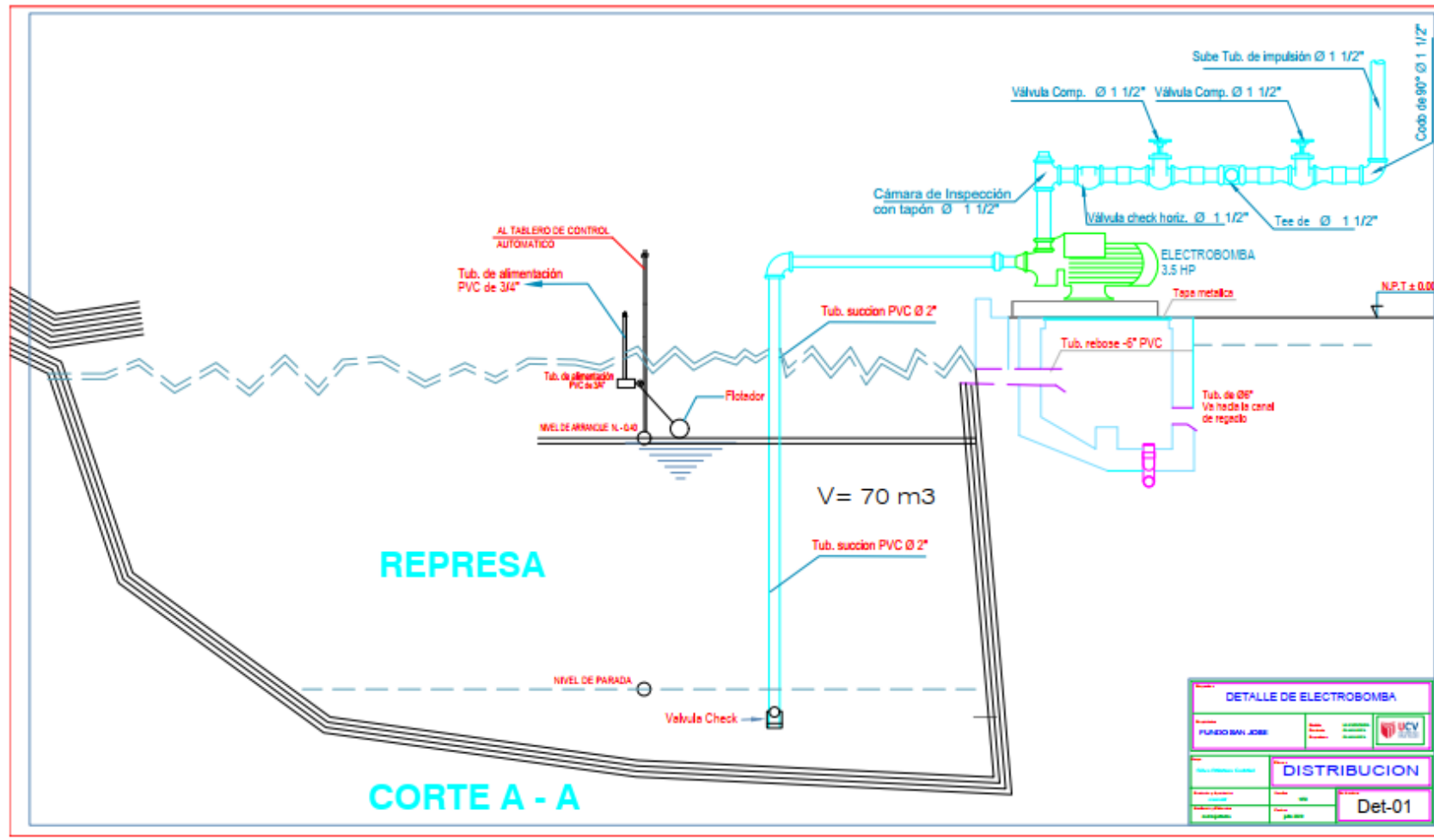
*Figura. 22. Grafica de Rendimiento Q y altura de la bomba.*



Fuente: Pedrollo.

i) Grafica de instalación de la instalación.

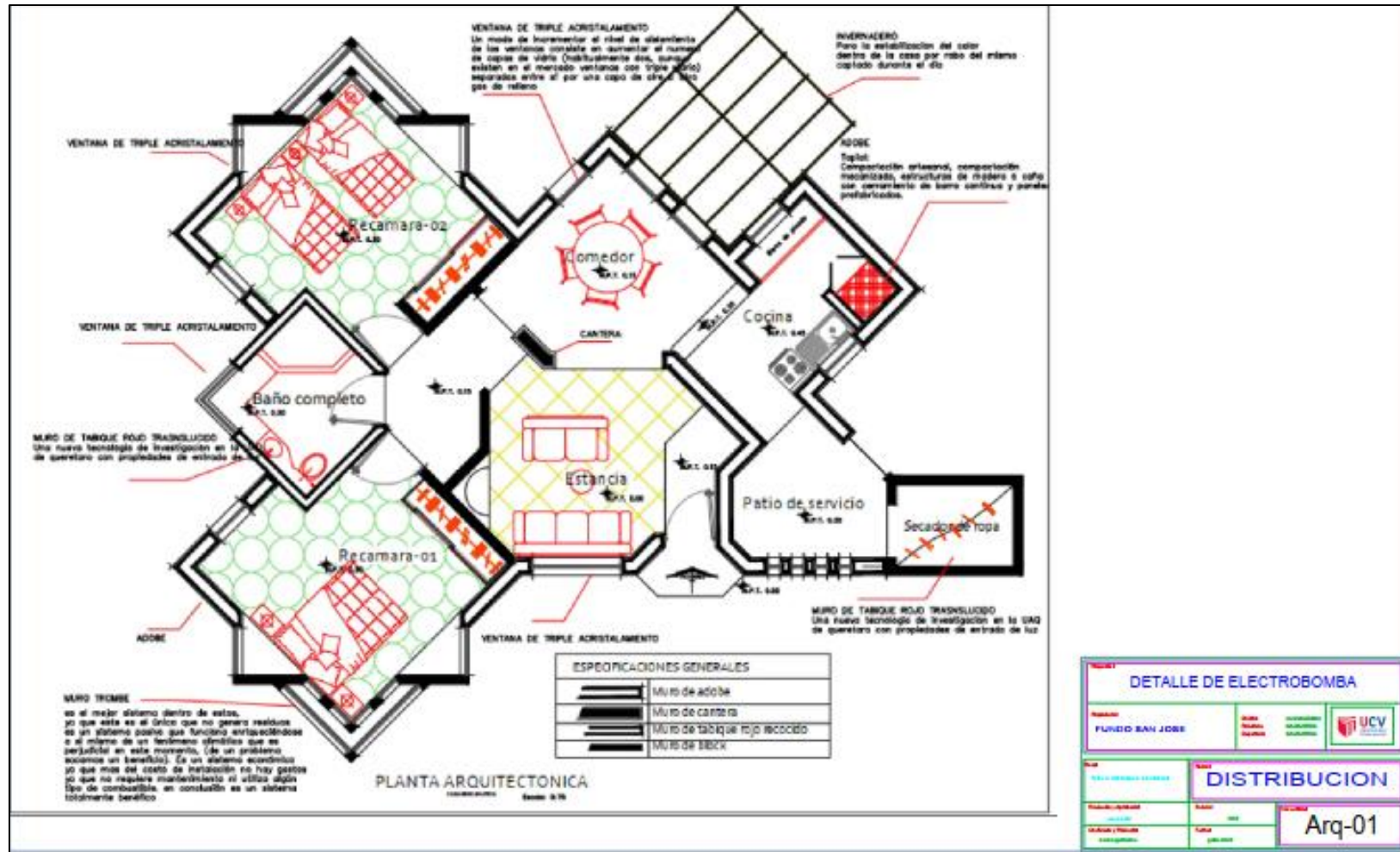
Figura. 23. Detalle de instalación de la bomba



Fuente: Elaboración Propia

j) Plano de arquitectura para la casa fundo san José

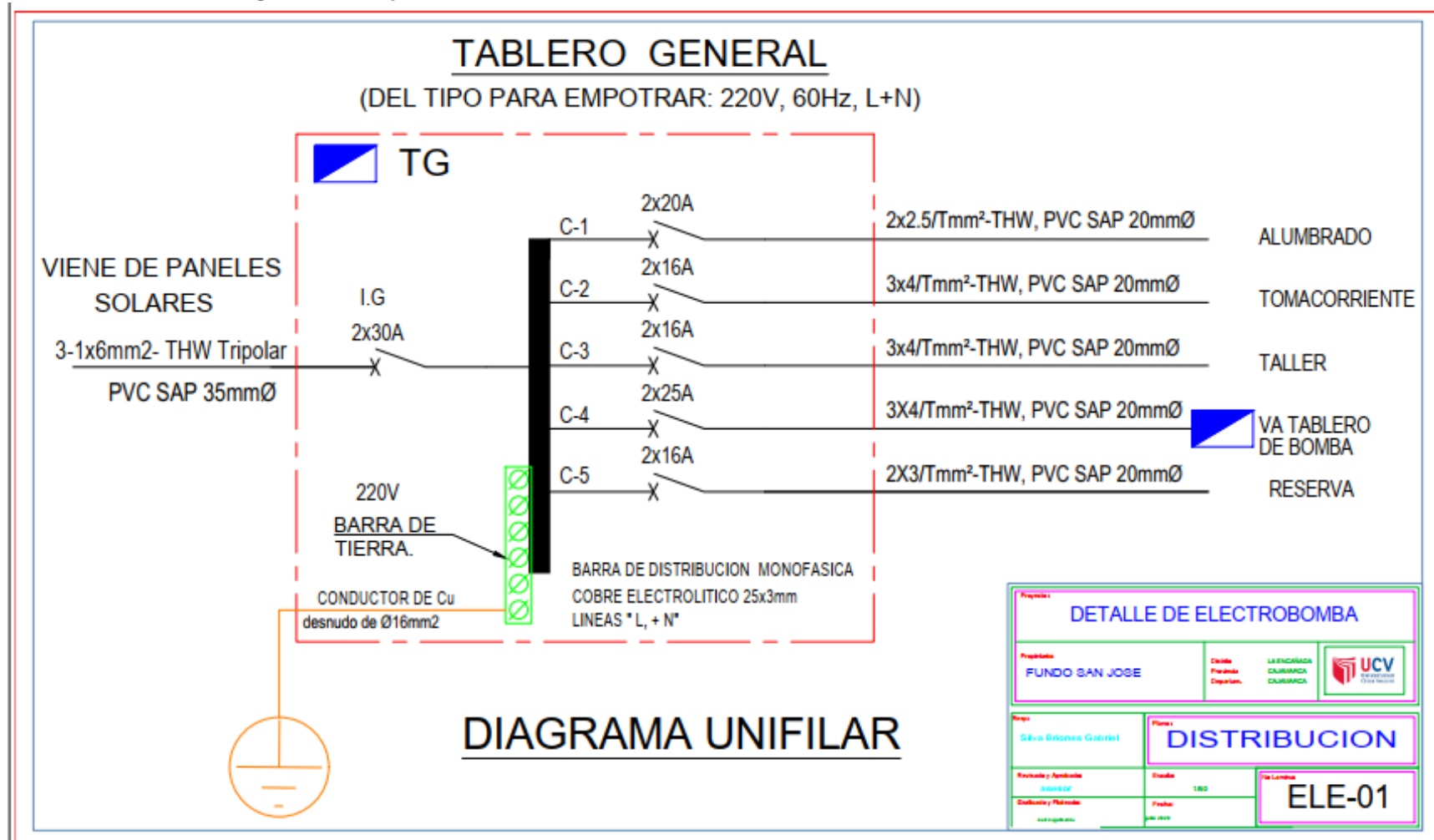
Figura. 24. Arquitectura casa fundo san José.



Fuente: Elaboración Propia

k) **Diagrama unifilar para la casa fundo san José.**

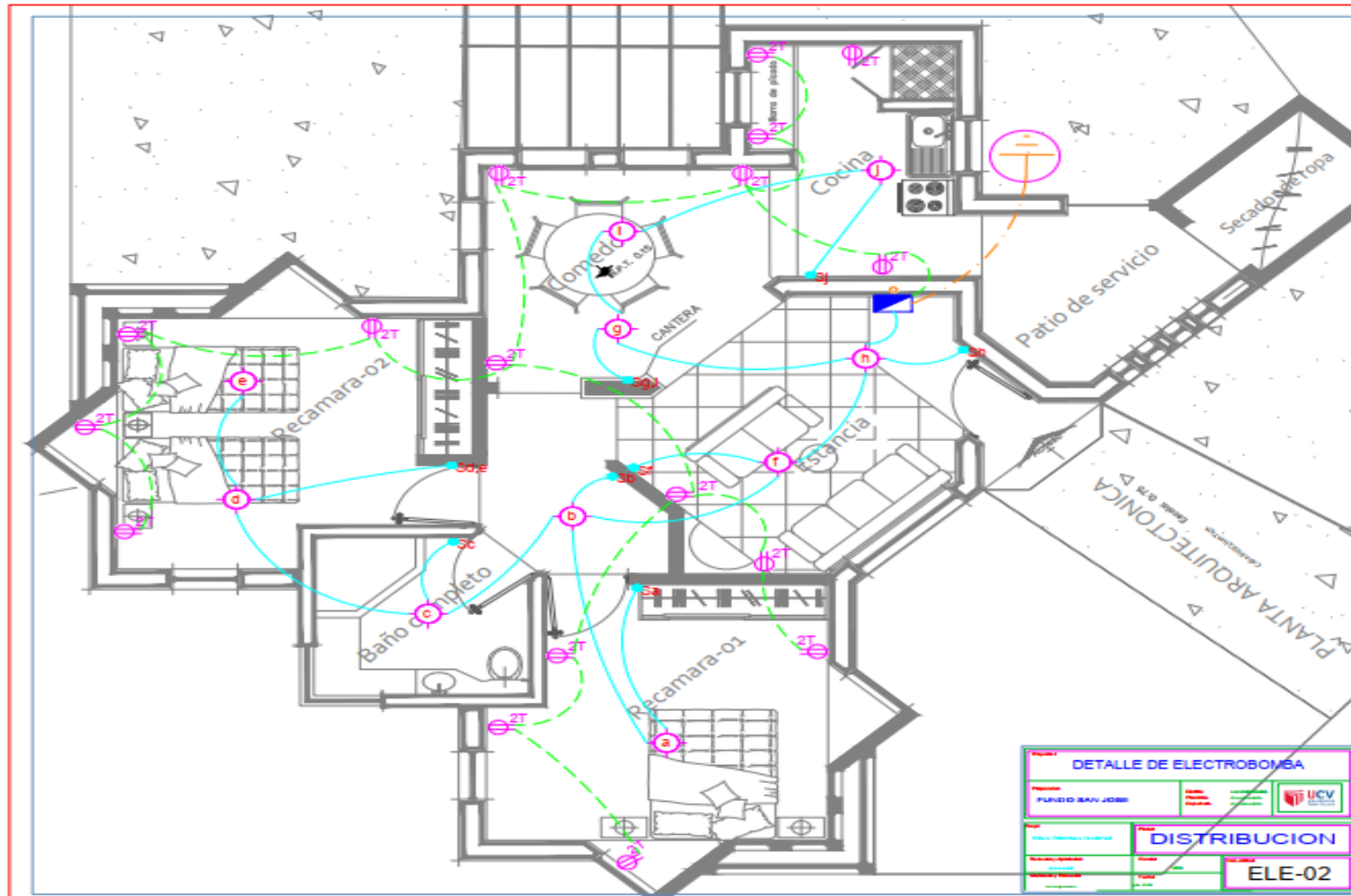
**Figura. 25. Arquitectura casa fundo san José.**



Fuente: Elaboración Propia

**l) Plano de emplazamiento eléctrico.**

**Figura. 26. Plano de emplazamiento eléctrico.**



Fuente: Elaboración Propia